أ.د. محمد رجائى جودة الطحلاوى
د. جمال يحيى بغدادى

علوم الأرض



# التعدين والمناجم

## والأسس الجيولوجية لاستخراج الثروات المعدنية





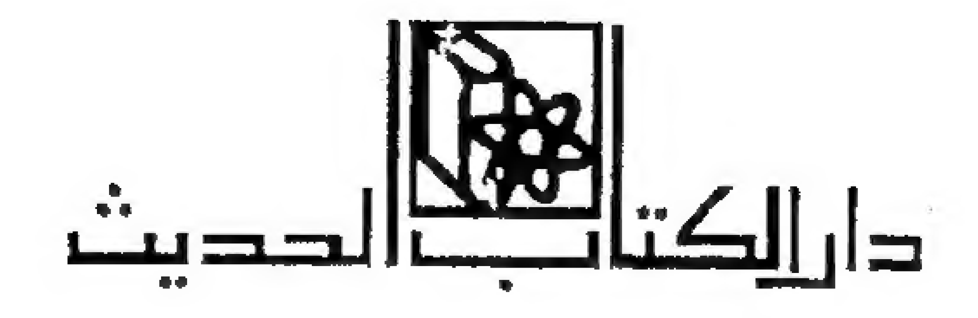
دار الكتاب الحديث

علوم الأرض

# التعدين والمناجم
## والأسس الجيولوجية لاستخراج
# الثروات المعدنية

أ.د. محمد رجائى جودة الطحلاوى
رئيس جامعة أسيوط الأسبق
ومحافظ أسيوط الأسبق

د. جمال يحيى بغدادى
مدرس بقسم التعدين والفلزات
كلية الهندسة جامعة أسيوط



الطحلاوى ،محمد رجانى جودة.

التعدين والمناجم والأسس الجيولوجية لاستخراج الثروات المعدنية / محمد رجانى جودة الطحلاوى / جمال يحيى بغدادى

. ـ القاهرة: دار الكتاب الحديث ، 2010 .

196ص ؛24 سم .

تدمك 0 300 350 977 978

1-الثروة المعدنية . 2- التعدين .

أ- بغدادى ،جمال يحيى( مؤلف مشارك) ب ـ العنوان

333.85

رقم الإيداع / 1846 /2010



| | |
|---|---|
| القاهرة | 94 شارع عباس العقاد – مدينة نصر – القاهرة ص.ب 7579 البريدي 11762 هاتف رقم : 22752990 (202 00) فاكس رقم : 22752992 (202 00) بريد إلكتروني : dkh_cairo@yahoo.com |
| الكويت | شارع الهلالي ، برج الصديق ص.ب : 22754 – 13088 الصفاه هاتف رقم 2460634 (965 00) فاكس رقم : 2460628 (965 00) بريد إلكتروني : ktbhades@ncc.moc.kw |
| الجزائر | B. P. No 061 – Draria Wilaya d'Alger– Lot C no 34 – Draria Tel&Fax(21)353055 Tel(21)354105 E-mail dk.hadith@yahoo.fr |

# المحتويات

## الأشكال

## الجداول

## المقدمة

بالرغم من أن المكتبة العربية بها بعض المراجع عن هذا الموضوع باللغة العربية، إلا أننا نعتقد أننا نقدم عرضًا جديدًا يشتمل على الكثير من الإضافات التي جدّت على هذا العلم في الآونة الأخيرة.

وإيمانًا بالقول المأثور «خيركم من تعلم العلم وعلمه»، فإنه لم يغب عن بالنا - ونحن نعد هذا الكتاب - الجهود الكبيرة التي بذلها أساتذتنا الأفاضل، ومن تعلموا على أيديهم، كما لا ننسى أن قدماء المصريين وعلماء العرب قد أضافوا كثيرًا إلى العلوم الجيولوجية والتعدينية، ومنهم على سبيل الذكر وليس على سبيل الحصر الخوارزمي (232هـ/ 846 م)، وابن سينا (428هـ/ 1038م)، والشريف الإدريسي (560هـ/ 1169م)، والنويري (732هـ/ 1333م)، ومن علماء المعادن والجواهر: القزويني، وابن حوقل، وابن ماسويه والهمداني (893-971 م)، وغيرهم كثيرون، مما لا يسمح المقام بسردهم جميعا.

يتناول هذا الكتاب موضوعات شتى عن جيولوجيا الخامات مع التركيز على الثروات المعدنية في العالم العربي وفصلاً مستقلاً عن مصر. ويشتمل الكتاب على سبعة فصول وحوالي 40 شكلاً و13 جدولاً بيانيًا.

فيقدم الفصل الأول نبذة عن الأساسيات العامة لعلم جيولوجيا الخامات وتوزيع الخامات في القشرة الأرضية، أما الفصل الثاني فيشرح بالتفصيل طرق تكوين الخامات المعدنية النارية والرسوبية والمتحولة النشأة، ويناقش العوامل الداخلية والخارجية لتكوين الخامات.

ويحتوي الفصل الثالث على أشكال العروق والقواطع الحاملة للخامات وعلاقتها بالكسور وتقاطعاتها، كما يعطي صورة عن مورفولوجية أجسام الخامات وتصنيفها.

وترجع أهمية الفصل الرابع إلى أن نظرية تكتونية الألواح التي ظهرت في نهاية الستينات من القرن الماضي (القرن العشرين) قد قدمت تفسيرًا جديدًا لنشأة الرواسب المعدنية وكشفت النقاب عن الكثير من التساؤلات التي كانت مطروحة في الماضي، وأثبتت أن تكوين الخامات المعدنية يرتبط ارتباطًا وثيقًا بحركة الألواح التكتونية.

ويعطي الفصل الخامس بيانًا مفصلاً عن توزيع الخامات المختلفة في العالم مع التركيز على الخامات الموجودة في العالم العربي.

ويقتصر الفصل السادس على دراسة التوزيع الجغرافي والجيولوجي للرواسب المعدنية في مصر، والتي أُستغل البعض منها من أكثر من خمسة آلاف عام، ويعرض ويناقش محاولات التصنيف التي قام بها عدد من بعض العلماء وبيّن الاختلاف بينها، كما ألقي الضوء على الجهود المبذولة لإعادة استخراج الذهب من الصحراء الشرقية.

ويتناول الفصل السابع النشاط التعديني في مصر ويبيّن أن الأراضي المصرية تحتوي على عدد كبير من المعادن القيمة، إلا أنه بالرغم من ذلك فإنه يمكن القول أن صحراء مصر غنية بالمعادن الفقيرة. وتقتصر الخامات الفلزية المصرية على رواسب الحديد، أما أكاسيد ألوان الحديد والكروميت فكمياتها المكشوفة محدودة ولا تشكل مصدرًا كبيرًا للثروة التعدينية، وتشكل الخامات اللافلزية الثروة التعدينية الحقيقية في مصر خاصة الفوسفات والأحجار الجيرية وأحجار الزينة والأملاح...إلخ.

ويشمل الفصل الثامن نظرة عامة عن الطرق المختلفة لتجهيز المناجم واستخراج وتعدين الخامات سواء بالطرق السطحية أو تحت السطحية.

وأخيرا يتقدم المؤلفان بخالص الشكر لكل من ساهم في أن يخرج هذا الكتاب على نحو مرضٍ.

الله من وراء القصد، وهو يهدي السبيل.

# الفصل الأول

## أسس جيولوجيا الخامات

كان للمعادن الأثر الكبير في تحريك عجلة التاريخ، وقيام حضارات وسقوط أخرى، والأمثلة على ذلك متعددة، فالحضارة المصرية القديمة اعتمدت إلى حد كبير على مناجم الذهب في الصحراء الشرقية وبلاد النوبة ورواسب النحاس في شبه جزيرة سيناء، والزمرد في الصحراء الشرقية، كما أن تفوق الإغريق، وهزيمتهم للفرس في القرن الخامس قبل الميلاد، كان سببه الأساسي امتلاكهم لمناجم الفضة في أسبانيا مما مكّنهم من تجهيز الجيوش والأساطيل، وعندما سيطرت روما على هذه المناجم بعد ذلك استطاعت أن تسيطر على أجزاء كبيرة من العالم، كما كانت هذه المناجم سببًا في رفاهية روما.

أدّي البحث عن المعادن ومحاولة امتلاك مصادرها إلى تعمير أراض شاسعة مثل أمريكا واستراليا، كما أنها كانت من الأسباب الرئيسية لاستعمار الرجل الأبيض للقارة الأفريقية، فالثروة المعدنية لأي دولة، وأسلوب استغلالها لهذه الثروة، يشكل الدعامة الأساسية لتقدمها، وأحد المعايير الهامة لمدى قوتها، ومركزها بين الأمم.

### طبيعة وصفات الخامات والرواسب المعدنية:

الخامات والرواسب المعدنية هي أجزاء من القشرة الأرضية تتكون من تراكمات معدنية أو أي مواد أرضية أخرى يمكن استخراجها واستغلالها اقتصاديًا، والأجسام المعدنية أو الخامات والرواسب المعدنية الاقتصادية تتواجد في صورة صلبة أو سائلة أو غازية، غير أن أغلب الخامات والرواسب المعدنية الاقتصادية توجد في الحالة الصلبة. ويطلق على الخامات والرواسب المعدنية ذات الحجم المناسب والجودة العالية اسم الخامات القابلة للاستغلال، وتضم أربع مجموعات وهي:

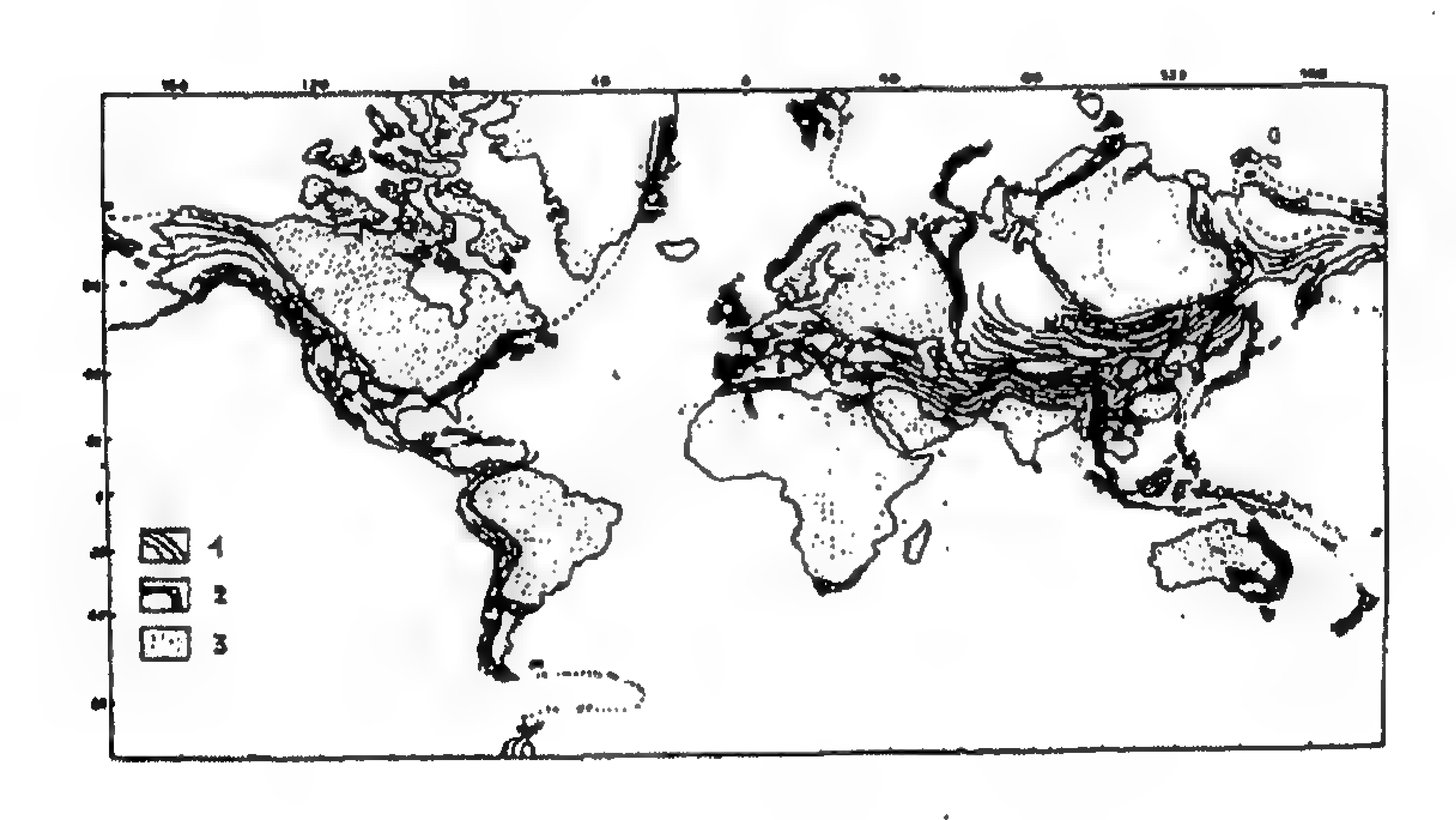
1- الخامات أو الرواسب الفلزية، مثل الفلزات الحديدية والنحاس، والفلزات النفيسة مثل الذهب والفضة والبلاتين وبعض المواد المشعة.

2- الخامات والرواسب اللافلزية، والتي تضم الخامات التي يطلق عليها الخامات الكيميائية وخامات الأسمدة مثل الفوسفات والكبريت، ومواد البناء مثل رواسب الجبس والحجر الجيري والرمال.

3- خامات الوقود، ومنها ما هو صلب مثل الفحم أو سائل مثل البترول، أو على هيئة غاز طبيعي.

4- الخامات المائية، وتضم مياه الشرب والمياه المعدنية والمياه المستخدمة في الصناعة والمياه المصاحبة للبترول والغازات الطبيعية التي تحتوى على عناصر كيميائية، والمركبات الذائبة فيها تسمح باستخلاصها مثل اليود والثوريوم.

تنتشر الخامات المعدنية في العمود الجيولوجي للأرض وتكاد لا تخلو فترة زمنية من تاريخ الأرض لم تتكون فيها خامات، ولكن الملاحظ أن نطاقات التمعدن الرئيسية في الأرض توجد مرتبطة بالمناطق البانية للجبال، ويوضح شكل (1-1) المراحل الرئيسية التي تكونت فيها سلاسل الجبال.




شكل 1-1: مناطق التمعدن الرئيسية في الأرض.

1 = الحركات البانية للجبال في العصر الثلاثي وحقب الحياة المتوسطة.

2 = الحركات الهيرسينية والكاليدونية. 3 = دروع ما قبل الكمبري.

تُشتق العناصر الكيميائية التي تكوّن مختلف الخامات والرواسب المعدنية الفلزية واللافلزية ومواد الوقود من الصخور المختلفة التي تكوّن القشرة الأرضية ومن الصهارات التي تتداخل في صخور هذه القشرة وتبرد لتكوّن الصخور النارية المختلفة، وفيما يلي نبذة صغيرة عن القشرة الأرضية.

**تركيب الأرض:**

تنقسم الكرة الأرضية إلى الأجزاء الآتية (شكل 1-2):

1- **القشرة الأرضية** والتي تنقسم بدورها إلى جزأين:

* القشرة القارية.

* القشرة المحيطية.

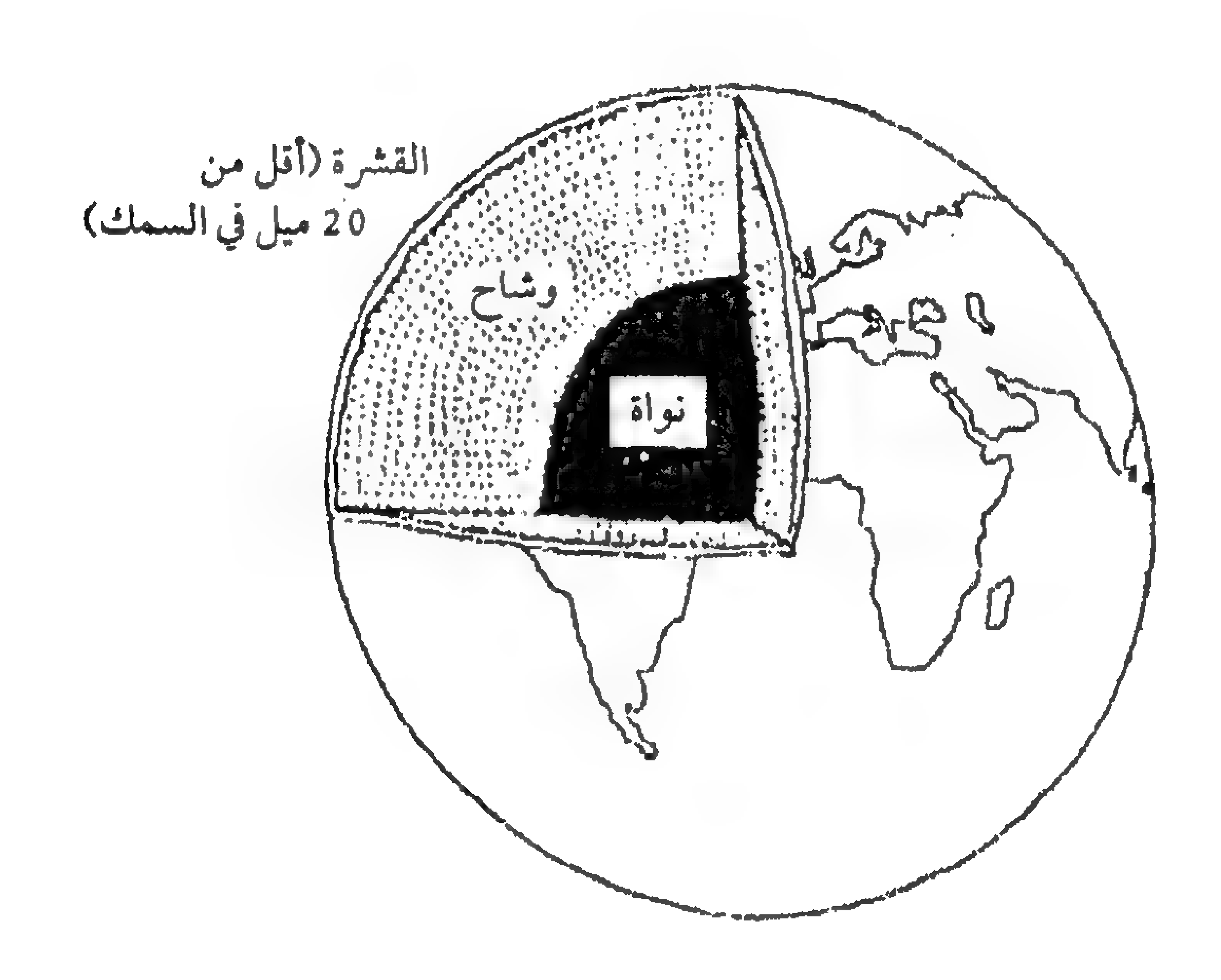
2- **الوشاح.**

3- **النواة أو اللب.**

وبالنسبة للقشرة الأرضية والتي تستخرج منها الخامات المعدنية فهي إما قشرة قارية يتراوح سمكها من 20-40 كم أو قشرة محيطية يتراوح سمكها من 8-15 كم، وكثافة القشرة القارية أقل من القشرة المحيطية (من 2.5 إلى 3.4)، والقشرة القارية تحتوى على الصخور الحمضية، أما القشرة المحيطية فتحتوى على الصخور القاعدية وفوق القاعدية. ولا تختلف صخور القشرة الأرضية في سمكها وكثافتها فقط، بل تختلف أيضا في تركيبها، فالصخور التي توجد تحت المحيطات تكون أثقل من تلك التي توجد أسفل القارات، وتسمي "السيما" Sima، نظرًا لأنها غنية بالسليكون Si والمغنسيوم Mg، وهذه الصخور من الأنواع البازلتية أساسًا، أما المواد التي تكوّن القشرة القارية، فيبدو أنها تتكون من طبقتين محددتين، والطبقة العليا منها ذات طبيعة جرانيتية، ونظرا لاحتواء هذه الصخور على نسبة عالية من السليكون Si والألمنيوم Al فإنها .تسمي "السيال" Sial. ويتميز قاع القشرة الأرضية بوجود انقطاع واضح

ومحدد يسمي انقطاع موهوروفيتشيك Mohorovicic Discontinuity أو اختصارًا Moho "موهو"، وهذا الانقطاع يقع تحت سطح الأرض على عمق يتراوح بين 35 و50 كيلومترًا.

أما الوشاح فيوجد أسفل انقطاع موهو وسمكه حوالي 2700 كيلومترًا وهو المنطقة المتوسطة في الغلاف الصخري، ويتكوّن الوشاح أساسًا من صخور صلبة تزداد كثافتها بزيادة العمق. أما اللُّب فهو قلب الأرض أو نواتها ويبلغ قطره حوالي 6800 كيلومترًا، وهو ساخن جدًا ووزنه النوعي ثقيل ويقع تحت ضغوط هائلة.




شكل 1-2: تركيب الأرض من ثلاثة نطاقات رئيسية.

تتكونَ القشرة الأرضية سواء القارية أو المحيطية من جميع العناصر الكيميائية الموجودة في الجدول الدوري للعناصر، وتوجد ثمانية عناصر فقط بنسب أكثر من 1 ٪ في القشرة الأرضية، وثلاثة عشر عنصرًا تكون حوالي 99.5 ٪ من القشرة الأرضية كما هو موضح في الجدول (1-1)، أما باقي العناصر فهي تكون أكثر من

0.5 ٪ من القشرة الأرضية. والكثير من هذه العناصر الشحيحة لها أهمية اقتصادية كبيرة مثل النحاس والذهب واليورانيوم، ومن هذا يتبين أنه لتكوين الرواسب المعدنية أو راسب لأحد هذه العناصر لابد أن تتضافر بعض العوامل الجيولوجية لتجميع هذه العناصر ثم تركيزها في أجزاء محددة من القشرة الأرضية.

**تقسيم العناصر:**

توجد طرق عديدة لتقسيم العناصر أهمها ما يلي:

**1- تقسيم واشنطن:**

* **عناصر صخرية:** وهي العناصر التي تكون الصخور.

* **عناصر فلزية:** وهي نادرة من حيث التواجد ولها قيمة اقتصادية عالية.

جدول 1-1: توزيع العناصر الأساسية في القشرة الأرضية.

| العنصر | متوسط النسبة المئوية في القشرة الأرضية ٪ |
|---|---|
| الأكسجين | 46.60 |
| السيلكون | 27.72 |
| الألمنيوم | 8.00 |
| الحديد | 5.80 |
| المغنسيوم | 2.09 |
| الكلسيوم | 3.63 |
| الصوديوم | 2.83 |
| البوتاسيوم | 2.59 |
| التيتانيوم | 0.86 |
| الهيدروجين | 09.14 |
| الفسفور | 0.11 |
| المنجنيز | 0.10 |
| الكربون | 0.02 |

2- تقسيم ليندجرين: **Lindgren**

1 - الفلزات الثقيلة وتشمل:

أ - الحديد

ب- **فلزات السبائك الحديدية**: مثل الأنتيمون والمنجنيز والكروم والنيكل والكوبالت Ni، Cr, Mn, Sn, Co

جـ- **فلزات غير حديدية**: مثل النحاس والرصاص والزنك Zn, Pb, Cu

2 - **الفلزات الخفيفة**: مثل البوتاسيوم والباريوم والألمنيوم والمغنسيوم Mg, Al, Ba, K

3 - **فلزات كريمة**: مثل الفضة والبلاتين والذهب Ag, Pt, Au

4 - **فلزات أرضية كريمة**: زركونيوم، هافينوم وفيوبيوم.

5 - **أشباه فلزات**: مثل الزرنيخ والفلوريوم.

**تقسيم الخامات (رواسب الخامات، أو الرواسب المعدنية)**

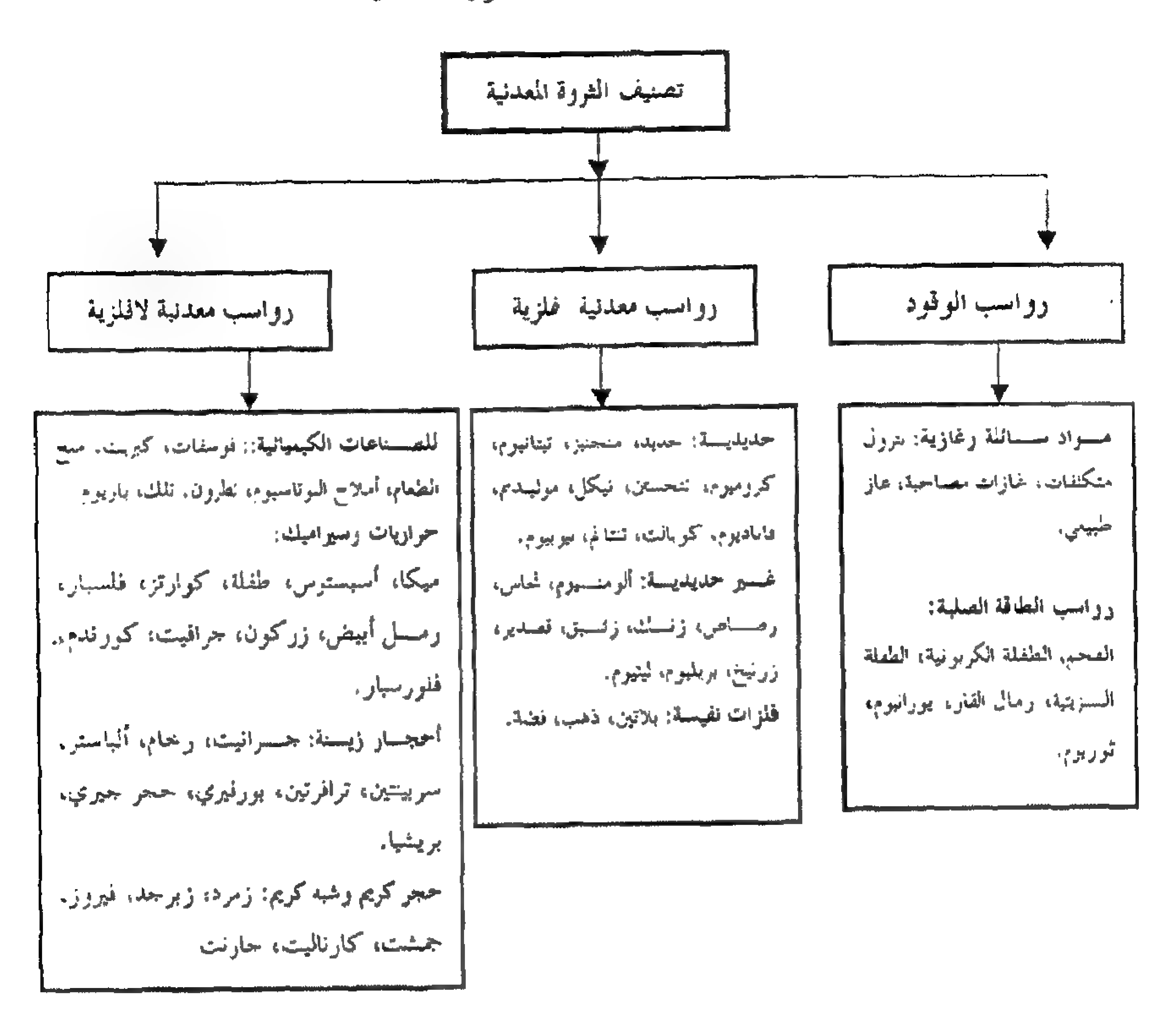
يمكن تصنيف الرواسب المعدنية إلى ثلاث مجموعات رئيسية هي:

(1) رواسب الوقود.

(2) رواسب معدنية فلزية.

(3) رواسب معدنية لافلزية (جدول 1-2):

جدول 1 –2: تصنيف الثروة المعدنية




وتضم كل مجموعة من هذه المجموعات الثلاثة مجموعات تفصيلية فرعية، وسوف لا نعرض في هذا الكتاب المواد البترولية لأن لها طبيعة خاصة تميزها عن باقي الرواسب المعدنية. والرواسب المعدنية الهامة التي يجري استخراجها حاليا في مصر تنحصر في الحديد والفوسفات والتلك بالإضافة إلى أحجار الزينة ومواد البناء (الحجر الجيري، الرمل، الزلط، الطفلة، الكوارتز، الفلسبار، الباريت...الخ). وتشكّل مواد البناء بصفة عامة الحجم الأكبر من النشاط التعديني في جمهورية مصر العربية.

## الرواسب المعدنية الفلزية

تمثل الرواسب المعدنية الفلزية تركيزات عالية جدًا من بعض الفلزات التي تتواجد غالبًا بنسب ضئيلة جدًا في القشرة الأرضية، وفي هذه الرواسب يتواجد

الفلز إما على إطلاقه غير متحد مع غيره من العناصر Native، مثل الذهب والفضة والبلاتين أو متحدًا مع عناصر أخرى مكونًا معادن تعرف بالمعادن الركازية مثل الحديد والنحاس أو معادن الركاز أو الخام. وتتواجد المعادن الركازية مختلطة بنسب متفاوتة مع العديد من المعادن الأخرى التي غالباً ما تكون غير اقتصادية، وتعرف بالمعادن الغثة وهذا الخليط من المعادن الركازية والمعادن الغثة يسمى الركاز أو الخام.

**المعادن الغثة**

وهى المعادن التي تصاحب المعادن الركازية في الرواسب المعدنية الفلزية وتكون في الغالب من المعادن المكونة للصخور، والمعادن الغثة قد تتكّون أثناء تكون المعادن الركازية نفسها ومصاحبة لها، أو تكوّن جزءًا من الصخر الحاوي للركاز الذي تمت فيه عمليات التمعدن، وأكثر المعادن الغثة الشائعة معادن غير فلزية، أي ليس لها خواص فلزية، إلا أن بعضها، وأشهرها البيريت فهو فلزي، وأكثر المعادن الغثة شيوعًا في الرواسب المعدنية الفلزية الكوارتز، الكلسيت، الدولوميت، الفلسبار، الفلوريت، الأباتيت، البيريت، الجبس، الكلوريت، ومعادن الطفلة.

**الرواسب المعدنية اللافلزية**

وفى هذه الرواسب لا تستعمل كلمة الركاز للدلالة على الأجزاء المرغوبة من الرواسب المعدنية، ولكن يشار إليها باسمها مباشرة، مثل رواسب الميكا والتلك والأسبستوس، ولا تستعمل أيضًا كلمة المعادن الغثة للدلالة على المواد غير المرغوب فيها، ولكن تستعمل بدلاً منها كلمة العادم (الغفل)، وعلى العموم فإن هذه الرواسب تتكون في معظمها من المادة المرغوبة مع نسبة بسيطة من العادم، وقد لا يوجد عادم إطلاقًا مثل طبقات الجبس أو الحجر الجيري.

وتشكل الرواسب المعدنية اللافلزية عددًا كبيرًا من المواد التي تستخدم في مختلف أغراض الصناعة ولهذا فإنه من الشائع أن يطلق على هذه الرواسب اسم الرواسب المعدنية الصناعية.

### الخامات المعدنية:

وهي المعادن التي يمكن استخلاص فلز أو أكثر منها، وهذه المعادن إما أن تكون على هيئة فلزات حرة طليقة Native مثل الذهب (Au) والفضة (Ag) والبلاتين (Pt) أو على هيئة فلز متحد مع عنصر أو أكثر. وأهم الخامات المعدنية أو المعادن الركازية هو ما يوجد متحدًا مع الكبريت مكونًا الكبريتيد مثل خام النحاس في صورة الكلكوسيت ($Cu_2S$) والرصاص في صورة الجالينا (PbS) أو مع الأكسجين مكونًا الأكاسيد الفلزية مثل الماجنيتيت ($Fe_3O_4$) أو الهيماتيت (FeO) والقصدير في صورة الكاسيتيريت ($SnO_2$) وتوجد معادن أخرى في صورة الكربونات والسيليكات. وهنالك الخامات المعدنية التي يمكن استخلاص فلز واحد منها مثل النحاس من الكالكوسيت ($Cu_2S$) أو الكوبريت ($Cu_2O$)، والخامات المعدنيـة التي يمكن استخلاص أكثر من فلز منها مثل الستانيت ($Cu_2 Fe Sn S_2$) والتي يستخلص منها النحاس والقصدير.

### تقسيم الخامات المعدنية من حيث النشأة:

#### *1- خامات معدنية أولية*

وهى المعادن التي تتكون نتيجة للاتحاد الكيميائي بين مكوناتها ثم ترسيبها بأي طريقة من طرق الترسيب المختلفة مثل الكروميت الذي يتكون نتيجة التبلور من الصهارة أو الجالينا من المحاليل الحرمائية أو الهيماتيت نتيجة للترسيب من مياه البحار مختلطًا بالصخور الرسوبية.

#### *2- خامات معدنية ثانوية*

وهى الخامات التي تتكون نتيجة للتغيرات الكيميائية التي تطرأ على المعادن الأولية مثل معدن السيروسيت ($PbCO_3$) الذي يتكون نتيجة لعوامل التجوية على الجالينا أو الملاكيت $CuCO_3\ (OH)_2$ الذي تكون نتيجة تغير الكلكوبيريت بواسطة المحاليل السطحية.

وهناك تقسيم آخر يستعمل في وصف المعادن من ناحية المنشأ كما يلي:

*1- المعادن الأصيلة:*

وهى المعادن التي تتكون من المحاليل الناتجة من باطن الأرض مثل الصهارة والمحاليل الحرمائية، ومن ذلك نرى أن كل المعادن الأصيلة أولية ولكن ليست كل المعادن الأولية أصيلة، فمثلاً الهيماتيت يعتبر معدنًا أوليًا ولكن ليس أصيلاً لأنه لم يتكون من المحاليل الصاعدة ولكن ترسب من مياه سطحية.

*2- خامات معدنية ناجمة:*

وهى المعادن أو الخامات المعدنية التي تتكون من المحاليل النازلة أو الهابطة، مثل مياه الأمطار، والمياه السطحية مثل البحار، وتنشأ عادة نتيجة لعمليات الأكسدة.

**الخام (جسم الخام):**

وهو كتلة صخرية محددة تتكون من خليط من الخام المعدنى والمعادن الغثة، بنسب تسمح باستخلاص الفلز بصورة اقتصادية، وتختلف هذه النسب اختلافًا كبيرًا، فهناك بعض الخامات التي تتكون أساسًا من الخام المعدنى مع نسبة قليلة من المعادن الغثة، كما يحدث العكس تمامًا، أما إذا كانت الخامات المعدنية موجودة بنسب لا تسمح باستخلاص الفلز اقتصاديًا فإن الجسم الصخري لا يسمى خامًا.

**معامل التركيز:**

يمكن تحديد التركيز الضروري لكل معدن في الركاز المعدني حتى يصبح ذا جدوى تعدينية، ومعامل التركيز هو حاصل قسمة هذا التركيز الاقتصادي على متوسط شيوع العنصر في القشرة الأرضية. ويوضح الجدول (1-3) متوسط شيوع العناصر في القشرة الأرضية ومعامل تركيز بعض العناصر الهامة التي يجري استخراجها، فمثلا نسبة شيوع فلز الألمنيوم في القشرة الأرضية حوالي 8 ٪ ومعامل تركيزه يتراوح من 3 إلى 4، وهذا يعني أن رواسب الألمنيوم لكي تكون اقتصادية

يجب أن تحتوي ثلاث أو أربع مرات متوسط الألمنيوم في القشرة الأرضية، أي بين 24 و32 ٪.

جدول 1–3: معامل التركيز لبعض العناصر في رواسبها المعدنية.

| العنصر | الشيوع بالتقريب ٪ | الحد الأدنى للفلز ٪ | معامل التركيز بالتقريب |
|---|---|---|---|
| ألمنيوم | 8.0 | 30 | 4–3 |
| حديد | 5.8 | 30 | 7–6 |
| تيتانيوم | 0.86 | 20 | 100–25 |
| منجنيز | 0.10 | 25 | 250 |
| كبريت | 0.05 | 50 | 1000 |
| كروم | 0.0096 | 30 | 5000–4000 |
| نيكل | 0.0082 | 1.05 | 175 |
| زنك | 00.82 | 4 | 600 |
| نحاس | 00.58 | 1 | 200–100 |
| رصاص | 0.0015 | 4 | 2500 |
| قصدير | 0.0003 | 1 | 3000 |
| يورانيوم | 0.00016 | 0.1 | 1000–500 |
| زئبق | 0.000005 | 1 | 20000 |
| فضة | 0.000008 | 0.05 | ~1000 |
| بلاتين | 0.0000005 | 0.001 | 600 |
| ذهب | 0.0000002 | 0.001 | 5000–4000 |

وتوجد أحيانًا رواسب لها تركيزات منخفضة وليست اقتصادية في الوقت الحاضر، إلا أنه إذا أمكن مستقبلاً تخفيض تكاليف الإنتاج ورفع نسبة التركيز بتقدم الوسائل التكنولوجية فإن معامل التركيز يرتفع ويصبح الخام اقتصاديًا.

ويختلف الحد الأدنى لتركيز الفلز الذي يسمح باستخلاصه اقتصاديًا اختلافًا كبيرًا حسب قيمة الفلز نفسه، ويتضح هذا من المقارنة بين الحديد والنحاس والذهب (جدول 1 – 3).

**العوامل التي تحدد جدوى الخامات**

1- نوع الخام، وكميته.

2- المعادن الغثة أو الشوائب المصاحبة للخام، وهذه الشوائب تخفض من رتبة الخام وأحيانًا ترفع رتبته، ومثال ذلك الكبريت الموجود مع خام الحديد فإنه يتحول في الفرن العالي إلى كبريتيد الحديد ثم حمض الكبريتيك الذي يأكل بطانة الفرن، أي أن كبريتيد الحديد يخفض من رتبة الخام في الحديد، ولكن وجود خام الحديد مع شوائب مثل التيتانيوم أو الفاناديوم فإنه يرفع من رتبته، كما أن وجود شوائب من معدن البيريت مع خام الفوسفات يصعب من فصله.

3- تواجد الخام، وهل هو جوفي أم سطحي.

4- الوضع الجيولوجي للخام: وهل هو متواجد في صورة طبقات أفقية أم مائلة أو على هيئة قواطع أو عروق؟!.

5- الشكل الهندسي للخام: وهل هو متواجد في صورة متراكمة في مكان واحد أو على هيئة عدسات أو قواطع متباعدة؟!... إلخ.

6- احتياجات السوق المحلي والعالمي.

7- بُعد مكان الاستخراج عن أماكن التصدير والاستخدام.

8- الظروف الجغرافية: من ناحية المناخ، سواء كان قارص البرد أو شديد الحرارة، وهل هو في عرض البحر أم على اليابسة؟!.

**رتبة الخـام**: وهى النسبة المئوية للفلز في جسم الخام وهذه النسبة ليس لها حد أعلى ولكن لها حد أدنى إذا قلّت عنه تعتبر غير اقتصادية.

**الإثراء**: وهو العمليات الطبيعية التي تجرى على الخام حتى تصبح له قيمة اقتصادية فقد تكون نسبة شيوع الخام في الأرض 5 ٪ مثلاً، ولكن نتيجة للظروف الجيولوجية والطبيعية قد ترتفع نسبة التركيز إلى 30 ٪، أي أن نسبة تركيزه ارتفعت حوالي 6 مرات.

## الفصل الثاني

## طرق تكوين الخامات

توجد عدة طرق تتكون بها الخامات المختلفة وهي:

1- **الطرق النارية**: ويتحكم في تكوينها درجة الحرارة والضغط.

2- **الطرق الرسوبية**: ويتحكم في تكوينها عوامل الترسيب المختلفة.

3- **الطرق المتحولة**: ويتحكم في تكوينها درجة الحرارة والضغط.

وتسمي الخامات التي تكونت بالطرق النارية والمتحولة خامات باطنية النشأة، أما تلك التي تكونت بالطرق الرسوبية فتسمي خامات خارجية النشأة.

وأهم العوامل التي تتحكم في تكوين الرواسب المعدنية إما عوامل داخلية أو خارجية، فالعوامل الداخلية هي العوامل تعمل في باطن الأرض وتؤدى إلى تكوين الصخور النارية والخامات المعدنية والمتحولة، وهذه العوامل لا تشاهد وهى تعمل إلا في النذر اليسير كما في حالة ثورات بركانية وينابيع حارة أو نافثات وتعتمد على درجة الحرارة والضغط. والعوامل الخارجية هي التي تؤدى وظيفتها على السطح أو قريبًا منه مثل عمليات التجوية والتعرية والترسيب. والخامات المعدنية الناشئة عن هذه العوامل الخارجية غالبًا ما تكون أسهل في تفسيرها حيث إننا نشاهدها أثناء تكوينها.

### العوامل الداخلية النشأة لتكوين الخامات المعدنية

#### *التركيز الصهارى*

توجد بعض الخامات المعدنية مكونة أجزاءً رئيسية من الصخور النارية، ولها من الخصائص ما يدل على أنها نشأت نتيجة لعمليات البلورة والتمايز الصهارى للماجما المافيّة أو خلال المرحلة المبكرة واللاحقة، مثال ذلك رواسب الكروميت والألماس

وبعض رواسب الحديد التيتاني (الإلمنيت)، وتكون المعادن الغثة المصاحبة لهذه الرواسب هي نفسها المعادن المكونة للصخور النارية التي تحتويها، ولهذا فإننا نستطيع أن نجزم أنه أثناء تمايز الصهارات في المرحلتين الأوليتين، تتكون بعض الرواسب المعدنية كنتيجة طبيعية لتبلور وتجمد الصهارة.

*الرواسب الصهارية المبكرة*

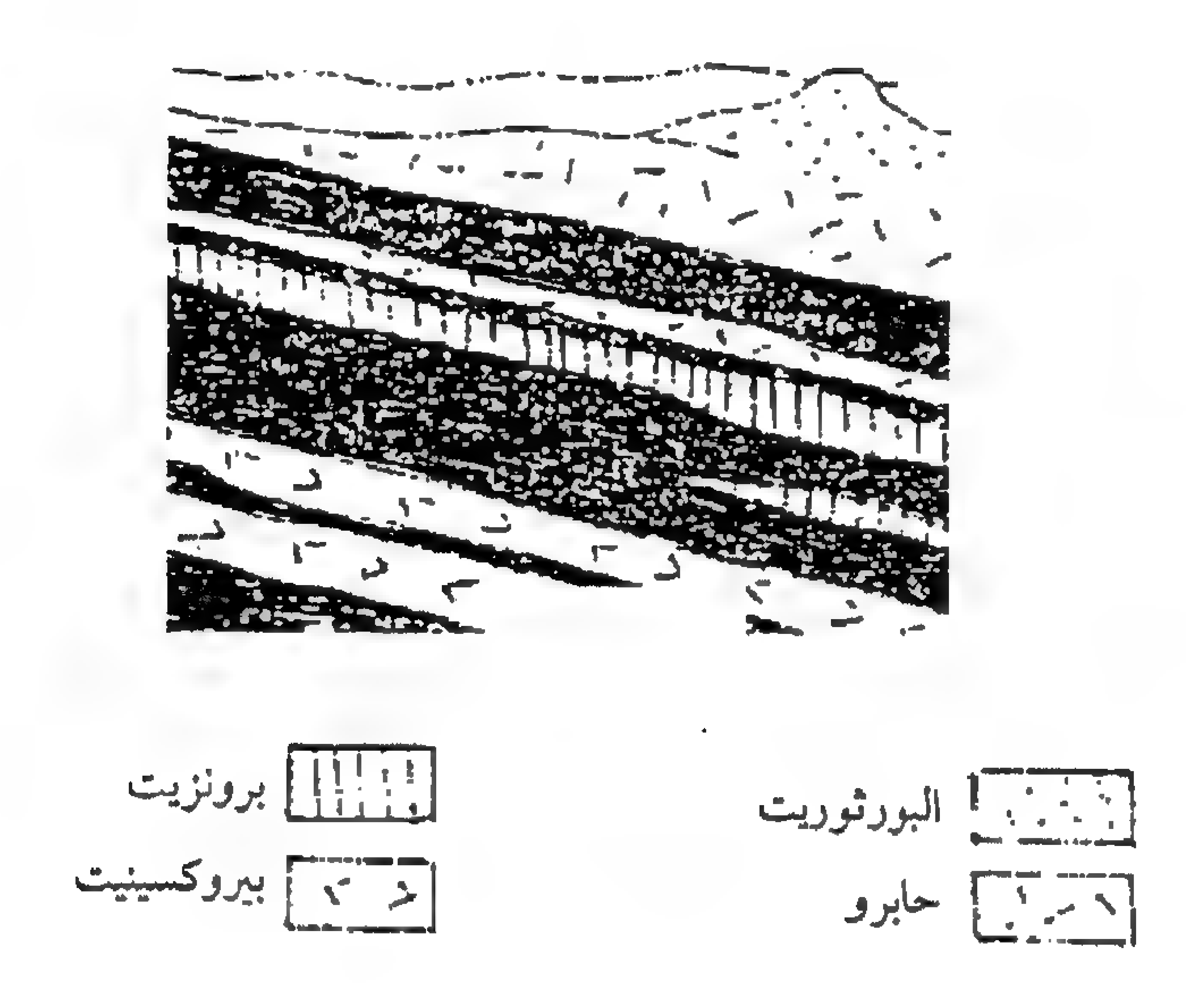
تتكون هذه الرواسب أو الخامات في المرحلة الصهارية المبكرة، حيث يتم تكوين بعض المعادن الإضافية التي تتبلور من الصهارة قبل بلورة معادن السيليكات الرئيسية، وتبلغ هذه العوامل أهميتها الكبرى في حالة الصهارة المافيّة (القاعدية) حيث تميل بعض الفلزات والعناصر القليلة فيها إلى تكوين معادنها مثل الألماس والكروم والنيكل والكوبالت والبلاتين والنحاس، أما الصهارات الجرانيتية فتكون الرواسب بعد تكون معادن السيليكات.

تتكون الرواسب أو الخامات الصهارية المبكرة بثلاث طرق: أما التبلور العادي من الصهارة دون أي تركيز أو تركيز لبلورة سابقة أو تركيز أو تداخل ويطلق على تلك الطرق الثلاثة البث، والانفصال، والتداخل.

**أ-البث:** وينتج عنه صخر ناري تنتشر فيه المعادن الإضافية التي تكونت أولاً وتكون محاطة بمعادن السيليكات النارية، وأحياناً تكون تلك البلورات بارزة، فإذا كانت تلك البلورات الإضافية ذات قيمة اقتصادية، اعتبر هذا الصخر جزءًا من راسب معدني، وفي هذه الحالة تكون نشأة الراسب نتيجة لعوامل التبلور العادية دون تدخل لأي عوامل أخرى، وأهم مثال لهذه الرواسب هو رواسب الألماس في صخور الكمبرليت وهو النوع الوحيد لرواسب الألماس الأولية.

**ب- الانفصال:** إذا كانت المعادن الإضافية سابقة التكوين في الصهارات ذات قيمة اقتصادية، وحدث لها انفصال من الصهارة في المراحل الأولى للبلورة، وتجمعت على هيئة كتل غنية من هذا المعدن، فإن ذلك يؤدى إلى تكوين راسب معدني يحتوي

على هذا المعدن. وممكن أن نتصور أن انفصال المعادن سابقة التكوين في الصهارة يتم عن طريق هبوطها إلى قاع الحجرة الصهارية، وتجمعها على هيئة شبة طباقية، أو عدسية، أو على هيئة أشكال غير منتظمة، وأهم مثال لتلك الرواسب أو الخامات رواسب الكروميت في الصخور فوق القاعدية، وتنقسم هذه الرواسب أو الخامات إلى مجموعتين الأولى هي رواسب الكروميت الطباقي (شكل 2-1) والثانيـة هي رواســب الكروميت الألبيـة.




شكل 2-1 : كروميت طباقي في صخور فوق قاعدية في بوشفيلد، جنوب أفريقيا.

جـ- التداخـل: توجد بعض رواسب أو خامات الحديد الهامة على هيئة قواطع تتكون في غالبيتها من الماجنيتيت مع بعض الأباتيت، وأهم مثال لتلك القواطع هو قاطع كيرونا في السويد. وتتلخص تلك العملية في الانفصال المبكر للمعادن الإضافية مثل الماجنيتيت والأباتيت، إلا أن هذه المعادن لم تستقر في مكانها في قاع الحجرة الصهارية بل أثرت عليها قوى خارجية أدت إلى تداخلها في الصخور المحيطة بها، ويساعدها على ذلك افتراض أن جزءًا بسيطاً من السائل الصهارى يبقى محبوسًا مكان بلورات الماجنيتيت والذي يعمل على تزييت هذه البلورات وتسهيل تداخلها على هيئة عروق.

وهي المرحلة التي تتكون فيها الغالبية العظمى لمعادن السيليكات، وفيها تتجمع المكونات الأساسية للصهارة وتتم بلورة الغالبية العظمى من معادن الأوليفين والبيروكسين والفلسبار وغيرها، وباستمرار تكون البلورات السيليكاتية تتزايد نسبة الحديد والتيتانيوم في السائل الفضالى عندما يحدث تمايز الصهارة إلى جزء صلب هو السيليكات المعدنية والسائل الفضالى الغنى بالحديد والتيتانيوم. ويستمر تركيز هذين المعدنين وتزايدهما حتى يصبح التركيب أساسًا من أكاسيد الحديد والتيتانيوم، ويكون الماجنيتيت والماجنيتيت التيتاني هما آخر المعادن التي تتبلور من ذلك السائل الفضالى. ويؤيد هذا الرأي الكثير من الدراسات البتروجرافية على الصخور المافية، والتي تبيّن أن أكاسيد الحديد والتيتانيوم توجد متخللة بلورات معادن السيليكات، وتتداخل فيها أحيانًا أو على هيئة عُريقات أو تحل محلها بإحلال جزئي.

ويمكن تفسير نشأة العديد من رواسب الماجنيتيت والماجنيتيت التيتاني المصاحبة لصخور الأنورثوزيت والجابرو بعمليتين، وهما الانفصال والتداخل.

### 1- انفصال السائل الفضالى

في بداية المرحلة اللاحقة لتبلور الصهارة، وبعد تجميع البلورات سابقة التكوين في قاع الغرفة الصهارية، تبدأ معادن السيليكات الأساسية في التبلور تدريجيًا، وهذه البلورات تكوّن أساسًا لمعادن الأوليفين، البيروكسين والفلسبار. وتميل هذه البلورات أولاً إلى الهبوط في قاع الحجرة الصهاريّة تحت تأثير الجاذبية لأن كثافتها أكبر من كثافة السائل الصهارى مكونة الصخور النارية، ويمكن بعد فترة من الوقت أن يزداد معدل ظهور البلورات في الصهارة، ويكبر حجمها نتيجة لنموها المتزايد بحيث تتزاحم مع بعضها، ويعوق ذلك هبوطها إلى أسفل، وبازدياد ظهور البلورات تبدأ في التلامس مع بعضها البعض لتكون نسيجا شبكيا من البلورات، ويشغل السائل الفضالى الفراغات البينية بين تلك البلورات، وفيه يزداد تركيز الحديد والتيتانيوم بدرجة عالية.

وفى حالة التبريد السريع نسبيًا فإن السائل الفضالى لا يجد وسيلة سوى التبلور أو التجمد في مكانه بين البلورات السيليسية مكونًا أرضية سوداء تسبح فيها تلك البلورات، ويكون معدنا الماجنيتيت والإلمنيت هما آخر ما يتبلور من السائل، وينتج عن ذلك صخر ناري مافى به نسبة عالية من أكاسيد الحديد والتيتانيوم.

وعندما يكون التبريد بطيئًا نسبيًا نجد أن السائل الفضالى ذا الكثافة العالية يميل إلى الانسياب إلى أسفل تحت تأثير الجاذبية ليتجمع فوق الطبقة النارية السفلى التي تكونت من البلورات سابقة التكوين. ولكي يتم ذلك فإن السائل الفضالى يوسع المكان لنفسه بدفع البلورات ذات النسيج الشبكي إلى أعلى، حيث تندفع إلى أعلى الحجرة الصهارية نتيجة لطفوها على السائل الفضالى، وبهذا يتجمع السائل الفضالى كله أو معظمه على هيئة طبقة منفصلة بين البلورات سابقة التكوين التي تجمعت إلى أسفل والبلورات التي تكونت فيما بعد ثم انضغطت إلى أعلى، وعندما يتجمد السائل الفضالى فإنه يكوّن كتلة من أكاسيد الحديد والتيتانيوم ترقى إلى رتبة الخام.

### 2- تداخل السائل الفضالى

يمكننا أن نتصور أن السائل بدلاً من أن يتجمد في مكانه مكونًا طبقات متوافقة مع الصخور النارية فإنه – تحت تأثير قوى تضاغطية خارجية على الحجرة الصهارية – يندفع خارجًا من مكانه بين طبقات الصخور المحيطة أو الصخور التي تتلوها، مكونًا قواطع وعروقا من الماجنيتيت، ويمكننا أيضًا أن نتصور حدوث احتمال آخر لفصل السائل الفضالى: وهو أن النسيج الإسفنجى الذي تكون بشكل اسفنجة مبللة بالماء، حيث يمثل النسيج البلوري المادة الصلبة للأسفنجة ويمثل السائل الفضالى الماء الذي يتخللها، فإذا حدث أي ضغط على الإسفنجة من الخارج فإن البلورات الصلبة تتدافع للالتحام ببعضها وينساب من بينها السائل الفضالى في اتجاهات متعددة متداخلاً في الشقوق التي يجدها أمامه ويتجمد فيها مكوّنًا عروقًا وقواطع.

**الخامات المعدنية والصخور النارية المصاحبة لها**

1- رواسب الألماس الأولية لا توجد إلا في صخور الكمبرليت والتي توجد بدورها على هيئة أنابيب وذلك نتيجة لنشأة الصهارة الكمبرليتية في أعماق سحيقة حيث يكون الضغط مناسبًا لتبلور الكربون على هيئة الألماس.

2- رواسب الكروميت والتي لا توجد إلا في الصخور فوق القاعدية مثل البيريدوتيت والبيروكسينيت.

3- توجد خامات النيكل والبلاتين والنحاس في الصخور القاعدية وفوق القاعدية، ويتميز النحاس هنا بمصاحبة النيكل والبلاتين وهو يختلف في هذا عن النحاس غير المصاحب للصخور القاعدية.

4- يتواجد خام الحديد التيتاني مصاحبًا لصخور الأنورثوزيت والجابرو الذي يسبب تكون السائل الفضالى الغنى بالحديد والتيتانيوم.

5- تتواجد خامات الحديد الصهارية مصاحبة لصخور السيانيت التي يعتقد أنها نشأت من تمايز صخور قاعدية قلوية، وفى هذه الحالة يكون الخام غنيًا بالفسفور لاحتوائه على معدن الأباتيت.

وهذه المتلازمات بين بعض الخامات المعدنية والصخور النارية لها أهمية كبرى في مجال الكشف عن الخامات المعدنية فعلى أساسها نستطيع أن نحدد الخامات التي يمكن أن نتوقعها في منطقة معينة.

**أطوار التمايز الانفصالي**

تميل الصهارة منذ نشأتها إلى التمايز والانفصال في أربعة أطوار هي:

1- بلورات معادن السيليكات والأكاسيد الفلزية.

2- سائل كبريتيدي غير قابل للمزج مع السائل السيليسي وهذا يميل إلى الرسوب إلى أسفل بالجاذبية.

3- مكونات غازية تتسرب خارج الحجرة الصهارية متخللة الشقوق والفجوات.

4- سوائل فضالية يغلب عليها الماء.

وتحتوى جميع الصهارات على نسب متفاوتة من المكونات الطيّارة وتلك التي تكون في الحالة الغازية أو السائلة على سطح الأرض، وهذه المكونات تكون مذابة في الصهارة تحت تأثير الضغط ولذلك لا يوجد ضغط غازي في بداية نشأتها، وعندما ينخفض الضغط الداخلي للصهارة نتيجة لحدوث تشققات في جدران الحجرة الصهارية أو في الجزء العلوي منها أو نتيجة لصعود الصهارة إلى مستوى أعلى في القشرة الأرضية، فإن المكونات الغازية تبدأ في تكوين فقاعات تنساب إلى أعلى.

**التركيب الكيميائي للغازات والأبخرة:**

يُعتقد أن الغازات والأبخرة التي تنفثها الصهارات تتركب أساسًا من بخار الماء مع نسب متفاوتة من المكونات الطيارة الأخرى مثل أول وثاني أكسيد الكربون والغازات الكبريتية والهاليدات والهيدروجين والنيتروجين وبعض الفلزات الأساسية مثل الصوديوم والبوتاسيوم على هيئة كلوريدات أو فلوريدات ثم العديد من الفلزات الأخرى مثل القصدير والتنجستين والنيوبيوم والتنتالوم والبيريليوم.

**التحوال التماسي**

وهو عمليات التغير التي تحدث في الصخور ويصاحبها تغير في التركيب الكيميائي للصخور ككل، نتيجة لإضافة مواد من مصادر أخرى، والتحوال هو كل العمليات التي تحدث بالقرب من التداخلات النارية ويكون التغير الكيميائي المصاحب للصخور وتكوين الرواسب المعدنية هي الغازات التي تنفثها الصهارة في الصخور المحيطة.

وتحدث عمليات التحوال نتيجة للحرارة المنبعثة من التداخل الناري في الصخور المحيطة، وتتم هذه العمليات في درجة حرارة تتراوح بين 400 و800 درجة مئوية، وهذه الحرارة أقل من حرارة التركيز الصهارى وأعلى من الحرمائيات.

**تكوين الرواسب المعدنية بالتحوال:**

تحمل الغازات المنبعثة من الصهارات العديد من الفلزات على هيئة مركبات غازية عن طريق التفاعلات الكيميائية، ويمكن لهذه الغازات أن ترسب المعادن ذات القيمة الاقتصادية عن طريق إحلالها جزئيًا أو كليًا محل أجزاء من الصخور التي تمر بها. وتوجد الرواسب على هيئة صغيرة مبعثرة، منبثة أو أشكال كتلية، أو شبكية.

**الشروط الواجب توافرها في الصهارة لتكوين الرواسب بالتحوال:**

1- يجب أن تحتوى الصهارة التي تنفث الغازات التحوالية على كمية كافية من المركبات التي تتصاعد منها في مرحلة ما على هيئة غازات.

2- يجب أن تحتوى الصهارة أيضًا على مكونات الرواسب المعدنية التي يمكن للغازات أن تجمعها من الصهارة وتحملها أثناء اختراقها للصخور المحيطة.

3- يجب أن تتداخل الصهارة على أعماق كبيرة حتى لا تجد الغازات التحوالية الفرصة للتسرب إلى السطح بسرعة، ثم الانتشار في الجو بل تبقى محبوسة في باطن الأرض مدة كافية لإتمام التفاعلات الكيميائية.

4- يجب أن تتداخل الصهارة في الصخور التي لها قابلية التفاعل مع هذه الغازات، ومن أمثلة تلك الصخور الحجر الجيري والرخام والدولوميت.

**التغيرات الصخرية المصاحبة للرواسب التحوالية:**

1- الجرزنة وتبدأ عمليات الجرزنة بإحلال جزئي لمعادن الفلسبار بالكوارتز وتكوين الميكا على حوافها ثم تزداد حتى يتحول الصخر كله إلى كوارتز وميكا، وأكثر الصخور تأثرًا هي صخور الجرانيت.

2- الألبته وهو تغير الصخر إلى معدن واحد هو الألبيت وهذه العملية أكثر ما تكون شيوعًا في صخر الأبوجرانيت.

3- **القشرنة** وهى عملية مشابهة لعملية الألبتة، ولكن في هذه الحالة يتحول أو يتغير الصخر إلى معدن القشرانى الميكروكلين بدلاً من الألبيت ويكون لونه أخضر زاه ويُكوّن معدن النيوبيوم والتنتالوم.

4- **السَلسَلة** وفيها يتغير الصخر إلى كوارتزيت ومن الممكن أن تصاحب هذه العملية أي من عمليات التغير الثلاثة السابقة لأن هذه العملية تتم في درجة حرارة أقل من درجات العمليات الأخرى.

5- **تكون سيليكات جيرية**، ويحدث هذا التغير على مناطق التماس بين التداخلات الجرانيتية والصخور الجيرية، وأهم المعادن التي تتكون في هذا التغير هي الابيدوت والجارنت وبعض معادن الكلوريت وأهمها الألانيت، وهو معدن من معادن الابيدوت ويحتوى على عناصر نادرة وقليل من اليورانيوم والثوريوم.

**العوامل الحرمائية**

تعتبر الرواسب أو الخامات العرقية من أوائل الرواسب المعدنية التي استغلها الإنسان على نطاق واسع، فحتى مطلع القرن العشرين كانت هذه الرواسب هي المصدر الأساسي للخامات الفلزية، وهناك اتفاق عام بين جميع المشتغلين بالرواسب المعدنية على أن تلك العروق قد نشأت نتيجة ترسيب موادها من محاليل مائية ساخنة أطلق عليها اسم المحاليل الحرمائية، وتلك المحاليل الممعدنة يمكن أن ترسب مكوناتها المعدنية في أشكال أخرى تختلف عن الأشكال العرقية مثل الرواسب المنبثة، أو الرواسب الإحلالية.

**مصادر المحاليل الحرمائية:**

1- **الماجما (الصهارة الجرانيتية)** :بعد تبلور معادن السيليكا في المرحلة البجماتية، يتبقى محلول يتكون أساسًا من الماء بالإضافة إلى العديد من المكونات المعدنية.

2- **الغازات**: قد تكون المرحلة التي تلي التبلور مرحلة غازية ويحدث انخفاض في الضغط ودرجة الحرارة وتتحول هذه الغازات إلى محاليل بالتكثيف.

3- **المياه السطحية** :يمكن أن تشكل مصدرًا آخر للمياه الحرمائية يشبه إلى حد كبير المحاليل الحرمائية من الصهارة مثل المياه الجوفية أو مياه الأمطار، فهذه المياه عند تخللها الصخور في العمق ترتفع درجة حرارتها فتذيب بعض مكونات الصخور ليتكون محلول حار مشبع بالمكوّنات المعدنية.

4- **الصخور الرسوبية** :يمكن للصخور الرسوبية عند ترسيبها أن تطرد كميات كبيرة من الماء الذي كان محبوساً في الفراغات البينية فيها والذي يحمل كثيرًا من المكونات المعدنية المذابة.

**التركيب الكيميائي للمحاليل الحرمائية:**

المحاليل الحرمائية لابد وأن تكون قلوية، فلو أنها نشأت في الصورة السائلة في الصهارة مباشرة لكان تفاعلها مع المركبات السيليسية واحتوائها على الصوديوم والبوتاسيوم يجعلها قلوية، أما إذا نشأت نتيجة لتكثيف الغازات التحوالية، فإنها تكون حمضية لاحتوائها على حمض HC1 وHF، ولكن هذين الحمضين يتفاعلان بسرعة مع المعادن السيليسية وتتحول المحاليل بالتدريج إلى محاليل قلوية.

**أنواع المحاليل الحرمائية:**

يمكن تقسيم المحاليل والعوامل الحرمائية والرواسب أو الخامات الناشئة عنها إلى ثلاثة أقسام:

***1- العوامل فوق الحرارية***

وهى التي تحدث في أقصى عمق، أو عند أكبر درجة حرارة ممكنة، ويعتقد أن الرواسب فوق الحرارية تتكون في أعماق تصل إلى 6000 مترا تقريبًا، وعند درجات حرارة فوق 400 درجة مئوية، وتتميز تلك الرواسب بسيادة عمليات الإحلال على عمليات الحشو حيث تميل الفراغات الصخرية إلى الضمور في الأعماق البعيدة، كما تتميز أيضًا تلك الرواسب بوجود المعادن التي تتكون عند درجات الحرارة العالية،

مثل الأكاسيد (الماجنيتيت والكاسيتيريت) والمعادن السيليكاتية مثل التورمالين والتوباز والأمفيبول، والبيروكسين.

*2- العمليات الوسط حرارية*

وتحدث هذه العمليات على أعماق قليلة لا تزيد عن 3000 مترا تقريبًا، وتحت درجات حرارة ما بين 200 إلى 400 درجة مئوية وتتميز بتلازم عمليات الإحلال والحشو في تكوين الرواسب كما تتميز بوجود معادن مثل الكلكوبيريت والجالينا والسفاليريت، وبندرة المعادن الأكاسيدية.

*3- العمليات تحت الحرارية*

وتحدث على أعماق قليلة لا تزيد عن 2000 مترا تقريبا، وتحت درجات حرارة تقل عن 200 درجة مئوية، وتتميز بسيادة عمليات الحشو على الإحلال في تكوين الرواسب المعدنية التي تتكون في درجات حرارة منخفضة مثل الكبريتيدات والأملاح الكبريتيدية التي تحتوى على الزرنيخ أو البزموت وكذلك معادن الزئبق وبعض المعادن الغثة الأخرى.

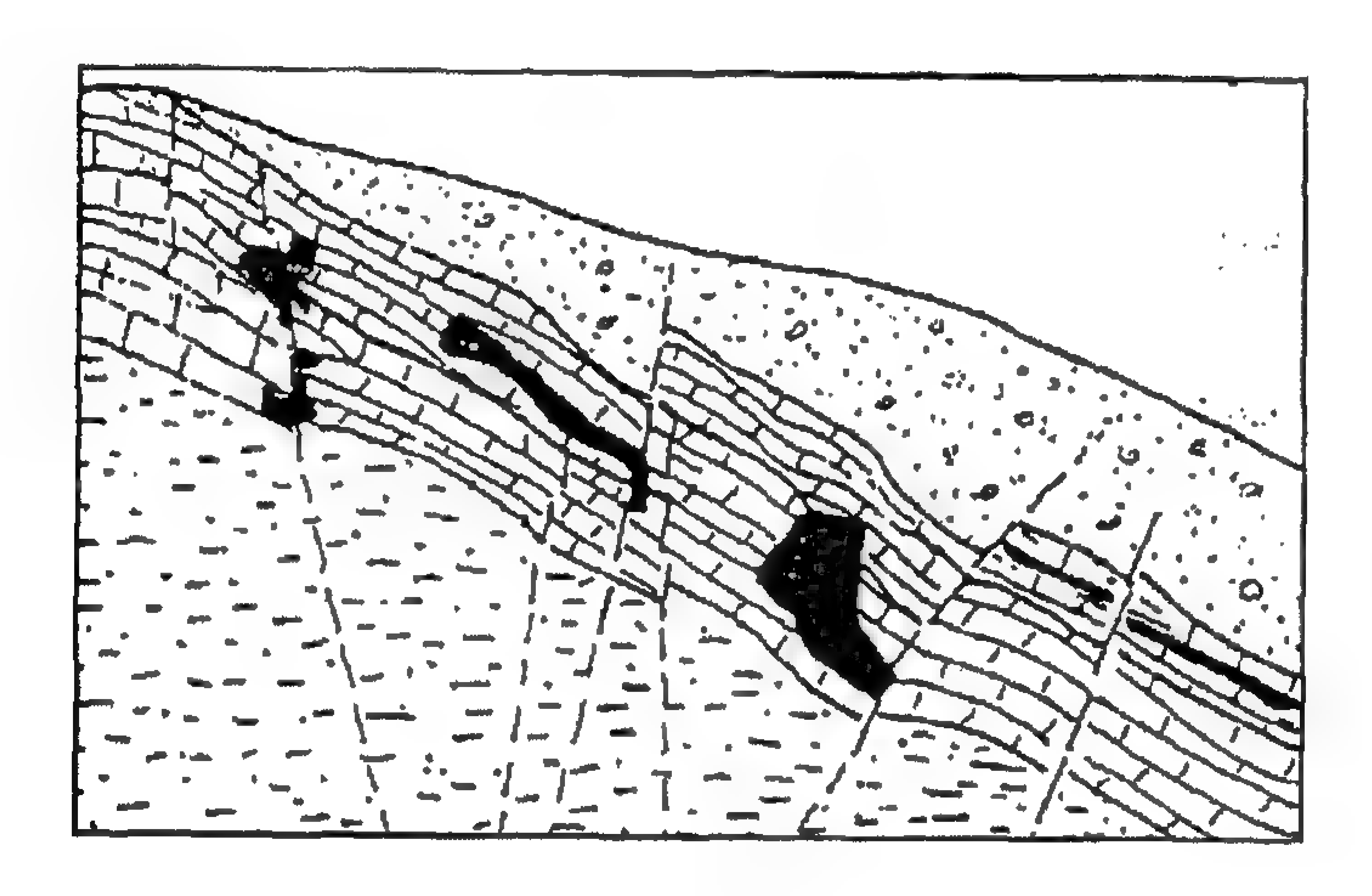
**طرق تكوين الخامات بالمحاليل الحرمائية:**

*1- الحشو*

يعرف الحشو على أنه ترسيب المعادن من المحاليل في الفجوات الموجودة بالصخر والمعدن، ثم ينمو الترسيب إلى الداخل تدريجيًا حتى يمتلئ الفراغ وينتج عن ذلك خام كتلي، وقد يحدث الترسيب على هيئة راقات متتابعة لمعدن واحد أو لمعادن مختلفة فوق بعضها البعض وينتج عن ذلك تركيب قشري، وإذا ما برزت بلورات المعدن المترسبة في إحدى الراقات إلى الخارج نحو الفراغ الصخري، فإنه ينشأ عن ذلك التركيب المشطى وإذا تركت فراغات لم تملأ بالمعادن المترسبة فإن كل واحدة منها يطلق عليها تجويف Vug.

### 2- الإحلال

تشكل الرواسب التي تنشأ بهذه الطريقة الصورة الثانية لرواسب المحاليل الحرمائية، ويعرف الإحلال أنه إذابة معدن أو أكثر، وترسيب معدن أو أكثر في نفس المكان السابق بحيث تتم عملية التكوين والإذابة في نفس الوقت وجزءًا بجزء، وتعتبر عملية الإحلال هذه إحدى العوامل الجيولوجية التي ينتج عنها كثير من الرواسب المعدنية (شكل 2-2).



شكل 2-2: تكوين الرواسب المعدنية بالإحلال الانتقالي في الصخور الجيرية،لاحظ عدم وجود الخامات في الصخور الرملية أو الطينية.

**مظاهر الإحلال:**

* الفضلات السابحة،
* الاحتفاظ بالبنية،
* البلورات الكاملة،
* عدم انتظام حواف الرواسب.

**الشروط الواجب توافرها لتكوين الرواسب من المحاليل الحرمائية:**

1- تواجد المحاليل الحرمائية.

2- تواجد فراغات في الصخور يمكن خلالها تحرك هذه المحاليل من مصادرها إلى أماكن الترسيب.

3- تواجد الأماكن المناسبة لترسيب المعادن من المحاليل إما بالحشو أو بالإحلال.

4- إتمام التفاعلات الكيميائية التي تؤدى إلى ترسيب المعادن، إما في المحاليل نفسها أو بين المحاليل والصخور.

5- تركيز المعادن إلى درجة تسمح باستغلالها اقتصاديا.

**التغيرات الصخرية المصاحبة للعمليات الحرمائية:**

*1- التغير الطفلي:*

وفيه تتحول المعادن الصخرية خاصة الفلسبار إلى معادن الطفلة (الكاولين)، وأكثر الصخور تأثرًا لهذا التغير هي الصخور النارية، وربما يتكون البيوتيت والفلسبار مع معادن الطفلة في هذه المراحل المتقدمة لهذه العملية، وتتكون أيضاً بعض المعادن الكبريتيدية خاصة البيريت والتوباز والتورمالين، وتظهر نواتج هذه العملية على هيئة مساحات بيضاء فاتحة اللون يسهل التعرف عليها من مسافات بعيدة.

*2- التغير السيريسيتي:*

وفيه تتكون المعادن الثلاثة، السيريسيت، الكوارتز والبيريت على حساب المعادت الأصلية، والسيريسيت هو نوع من الميكا البيضاء، ولكن يوجد على هيئة صفائح رقيقة تعطى الصخر بريقًا مميزًا ويصاحب ذلك تكوين الرواسب الكبريتيدية وهذه الظاهرة شائعة في الصخور الجرانيتية.

### 3- التغير الخضري:

سمى كذلك لأن المعادن الناتجة من هذا التغير تتميز بالألوان الخضراء وينشأ صخر لونه أخضر مميز، وهذا التغير شائع جدًا في الصخور القاعدية والمتوسطة التي تتكون من معادن الكلوريت والأمفيبول ذات اللون الأخضر.

### 4- التغير السيليسي البوتاسي:

وهو من التغيرات الشائعة بالقرب من الينابيع الحارة والمناطق البركانية الحديثة، ورواسب النحاس السماقى، والمعادن التي تتكون في هذا التغير هي معادن الميكا والأرثوكلاز، وغالبًا ما يصاحبها بعض المعادن الكبريتية مثل الكلكوبيريت والبيريت والمولبدينيت.

### 5- السلسلة:

وفيها يتحول الصخر تدريجيًا إلى معادن السيليكا (كوارتز، كالسيدونى، أوبال، وغيرها) وفى النهاية يتحول الصخر إلى صوان.

**أمثلة من الرواسب أو الخامات الحرمائية:**

1- كبريتيد الرصاص، وكبريتيد النحاس والقصدير والحديد والتنجستن (منطقة كورنوال بانجلترا).

2- رواسب النحاس السماقى وتتواجد في الحزام الباسيفيكي أو حزام جبال الألب والهيمالايا.

3- الكالكوبيريت والجالينا والسفاليريت في الولايات المتحدة الأمريكية.

4- رواسب النحاس وهي أكبر احتياطي خام في العالم وتوجد شمال شيلي.

5- رواسب الزئبق وهى من الرواسب تحت الحرارية، وتوجد بالقرب من المناطق ذات النشاط البركاني الحديث في أسبانيا وكاليفورنيا.

6- رواسب الذهب في عروق الكوارتز وأشهرها في كاليفورنيا.

**البجماتيت:**

البجماتيت هو صخر ناري يتواجد على هيئة عروق وقواطع، ويتميز دائمًا بنسيجه الخشن جدًا، ويتكون هذا الصخر من السائل الفضالى الذي يتبقى بعد ترسيب الجزء الأكبر من المركبات السيليكاتية من الصهارة، والنسيج الخشن ناتج من التركيب الخاص بالسائل الفضالى في هذه المرحلة من المركبات الطيارة ذات التركيز العالي فيها والمكونات الضئيلة التي لا تدخل في تركيب المعادن السيليكاتية المكونة للصخور، وهى توجد إما على هيئة غازات تحوالية أو سوائل حرمائية، وبالتالي فإن مرحلة البجماتيت هي مرحلة تفصل بين الرواسب المعدنية المبكرة واللاحقة، وينقسم البجماتيت إلى:

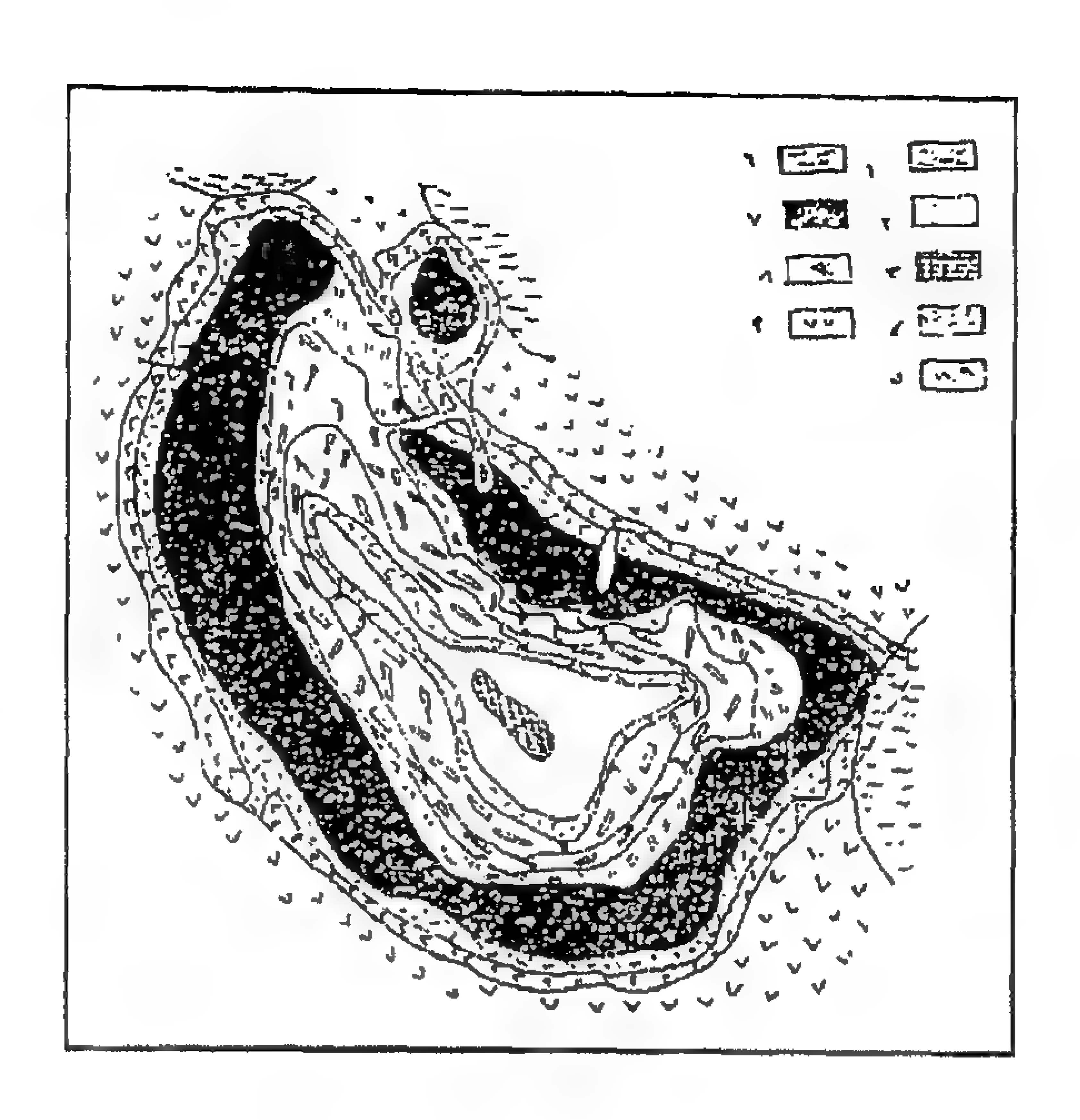
1- **البجماتيت الجرانيتي**: وهو الذي يصاحب التداخلات الجرانيتية ويتكون أساسًا من معادن الكوارتز والفلسبار والميكا.

2- **البجماتيت المافى**: وهو ما يصاحب الصخور القاعدية والمتوسطة مثل الجابرو والديوريت وهو يتكون أساسًا من البلاجيوكليز والهورنبلند.

3- **البجماتيت الفلسباتى**: وهو ما يصاحب التداخلات الأنورثوزيتية العظمى ويتكون من البلاجيوكلاز والهيبرستين والإلمنيت.

4- **البجماتيت القلوي**: وهو ما يصاحب التداخلات النارية القلوية مثل السيانيت النيفيلينى ويتكون أساسًا من النيفيلين والألبيت.

5- **البجماتيت النطاقي**: وفيه تتركز مجموعات معدنية في حلقات شبه دائرية (شكل 2-3).



شكل 2-3: تركيب عرق بجماتيت نطاقي.

1- رواسب الوادي. 2- نواة من الكوارتز. 3- نطاق من الميكروكلين.
4-نطاق من الألبيت. 5- نطاق من الكوارتز والسبودبومين. 6- نطاق من السبودبومين.
7- نطاق من الميكروكلين. 8- نطاق من الكوارتز والميكروكلين. 9- صخور المنطقة.

## أهم المعادن الاقتصادية في البجماتيت:

وأهم الرواسب الموجودة في البجماتيت هي:

1- الليثيوم والنيوبيوم والتنتالوم وبعض العناصر المشعة، وتتواجد في معادن الميكا والكولومبيت المتواجد في هضبة الجوس في نيجيريا حيث تنتج أكثر من 50 ٪ من الاحتياج العالمي.

2- كما يعطى البجماتيت بعض الأحجار الكريمة مثل الزمرد والأباتيت والتورمالين والتوباز، كما تحتوي على الفلسبار الذي يستخدم في صناعة الخزف والحراريات.

### المجمعات الحلقية والكربوناتيت

وهى إحدى صور تواجد الصخور النارية القلوية حيث تتواجد على هيئة حلقات متتابعة لها نفس المركز، وقد تكون متلاصقة ببعضها أو يفصل بينها حوائط حلقية الشكل من الصخور الحاوية، وتتكون صخور الكاربوناتيت أساسًا من كربونات الكالسيوم والمغنسيوم والحديد وتحتوى على الباريوم والسترونشيوم.

### التحول:

التحول هو أي تغير معدني يطرأ على الصخور نتيجة لازدياد الضغط والحرارة دون حدوث تغير في التركيب الكيميائي العام للصخر فيما عدا ثاني أكسيد الكربون والماء حيث يندر حدوث أي تغير من هذا النوع دون تحرك لهذين المركبين، ويحدث التحول عند درجات حرارة تتراوح ما بين 300 و750 درجة مئوية، وضغط يتراوح ما بين 2000 و8000 ضغط جوى.

### أنواع التحول:

* **التحول التماسي**: ويحدث في درجات حرارة مرتفعة نسبيًا وضغوط منخفضة دائمًا، والمصدر الحراري لها هو التداخلات الحرارية النارية، ويرتبط التحول التماسي بالتحوال التماسي ارتباطًا شديدًا.
* **التحول الإقليمي**: وهو يحدث تحت التأثير المتزايد لكل من الحرارة والضغط معًا، أي كلما ازدادت شدة التحول كلما كان ذلك نتيجة لازدياد كل من الحرارة والضغط ويحدث ذلك على أعماق متزايدة في القشرة الأرضية.

### تكوين الرواسب المعدنية بالتحول

عندما تتغير ظروف الضغط والحرارة الواقعة على صخر معين فإن معادنه تصبح غير مستقرة في الظروف الجديدة، ولذلك تميل المكونات المعدنية إلى إعادة ترتيب نفسها على هيئة معادن أخرى تكون مستقرة تحت هذه الظروف الجديدة ويتم

ذلك عن طريق تحرك الأيونات والمركبات الأيونية المختلفة من مكان إلى آخر خلال المحاليل التي تتخلل الصخور، ولكل مستوى للضغط والحرارة ما يميزه من المعادن فمثلاً معادن الكلوريت تكون مستقرة في درجة الحرارة الأدنى وهي أول المعادن المتحولة التي تتكون في الصخور الطينية وعند ارتفاع درجة الحرارة والضغط تتحول إلى بيوتيت.

**أهم الرواسب المعدنية المتحولة:**

1- **رواسب الأسبستوس:** وتتميز هذه الرواسب بتحملها الشديد لدرجة الحرارة والأحماض والمواد الكاوية، وهى نوعان: الأسبستوس السربنتينى والأسبستوس الأمفيبولى، ويتواجد الأسبستوس في صخور السربنتين.

2- **رواسب الجرافيت:** وهى إحدى صور الكربون الطبيعية.

3- **رواسب التلك:** والتلك أقل المعادن صلابة، وهو ناتج عن عمليات التحول الإقليمي للصخور فوق القاعدية.

**العوامل الخارجية لتكوين الرواسب المعدنية**

تؤدى هذه العوامل وظيفتها في تكوين الصخور والرواسب المعدنية على السطح، وتكون القوى المؤثرة قوى خارجية، وهذه العمليات تشمل التجوية والنقل والترسيب والتبخير وتأثير الكائنات الحية بكل ما يتم فيها من تغيرات كيميائية وفيزيائية. وتنقسم هذه العوامل إلى: الترسيب، التبخير، التركيز الميكانيكي، التركيز التخلفى، الأكسدة والإثراء الثانوي

**الترسيب**

وهى العمليات التي تنشأ عنها الصخور الرسوبية بكل أنواعها، وهناك العديد من الرواسب المعدنية التي تعتبر صخورًا رسوبية ذات تركيب خاص، والأمثلة على ذلك هي بعض رواسب الفوسفات ورمل الزجاج وغيرها.

**الشروط الواجب توافرها لتكوين خامات بعمليات الترسيب:**

1- وجود مصدر للمكونات المعدنية المترسبة: وهذا المصدر هو صخور القشرة الأرضية بأنواعها المختلفة، التي تتعرض لعوامل التجوية الكيميائية والفيزيائية، والتي تحولها إلى فتات ومواد ذائبة ومواد عالقة حيث تختلف المعادن اختلافًا كبيرًا من ناحية تأثرها بعوامل التجوية، فمنها ما يتحلل تمامًا إلى مواد ذائبة أو إلى مواد ذائبة وفضالات غير ذائبة، ومنها ما لا يتأثر بتاتًا بالتحلل الكيميائي ولكنه يتفتت فقط إلى حبيبات أصغر وهذه المعادن تسمى معادن مقاومة.

2- نقل المكونات من مكان نشأتها إلى أحواض الترسيب، وتتم عمليات النقل بالماء عن طريق الأنهار أو بالمثلجات أو بالهواء، ويتم النقل على هيئة مواد فتاتية أو أملاح ذائبة أو في الحالة الغرينية.

3- الترسيب: ويتم تحت ظروف شديدة التباين حسب مكان حوض الترسيب (بحر، نهر، بحيرة)، والظروف الكيميائية والفيزيائية السائدة في ذلك الحوض، ويتم الترسيب إما ميكانيكيًا عن طريق تراكم الأجزاء الفتاتية أو كيميائيًا عن طريق التفاعلات التي تتم بين المواد الذائبة مثل الفوسفات والمنجنيز...إلخ.

وقد تلعب الكائنات الحية دورًا هامًا في عملية الترسيب إما عن طريق استخلاصها لبعض المواد الذائبة في الماء وتركيزها في أجزائها الصلبة (مثل عظام الأسماك التي تتجمع على هيئة طبقات فوسفاتية).

**أهم أنواع الخامات الرسوبية:**

1- **طبقات الفوسفات:** وهي إحدى صور رواسب الفوسفات وأهمها وأوسعها انتشارًا على الإطلاق وتتكون أساساً من الكللوفان الذي يتركب من فوسفات الكلسيوم، وهو مادة غير متبلورة وتشبه الأباتيت، والمصدر الأساسي لأملاح الفوسفات هو الصخور النارية وما تحمله من معادن فوسفاتية وأهمها الأباتيت.

يحتاج ترسيب الفوسفات في طبقات اقتصادية إلى ظروف خاصة في أحواض الترسيب، إذ يجب أن تكون البيئة مختزلة وعلى عمق متوسط ويكون الحوض شبه معزول عن البحر المفتوح، حتى يسمح بارتفاع تركيز الفوسفات إلى الدرجة التي يبدأ فيها الترسيب.

2- **طبقات الحديد الرسوبية**: يوجد الحديد في الطبيعة على صورتين: الأولى على هيئة مركبات الحديدوز ($Fe0$)، وفيها يكون الحديد في صورته الثنائية، والثانية على هيئة مركبات الحديديك وفيها يكون الحديد في صورته الثلاثية ($Fe_20_3$)، فالصورة الأولى قابلة للذوبان في الماء، وعلى هذه الصورة يمكن نقل الحديد من مصادره إلى أماكن ترسيبه على هيئة مركبات ذائبة في الماء، أما الصورة الثانية فهي غير قابلة للذوبان في الماء لذلك لا يمكن نقل الحديد في صورة ذائبة. ويعتمد تواجد الحديد في إحدى الصورتين على الظروف الكيميائية للبيئة وهى إما مختزلة أو مؤكسدة.

**مصادر الحديد:**

ويأتي الحديد في الرواسب الرسوبية من مصدرين:

* الانبعاثات البركانية والصهارية التي تحتوى على نسب متفاوتة من الحديد.

* القشرة الأرضية بكل أنواعها، فعند تعرض تلك الصخور لعوامل التجوية يتحول ما بها من مركبات حديدية ذائبة وغير ذائبة لتتجمع في الصخور الرسوبية المختلفة.

أما من ناحية الترسيب فيتم ترسيب الحديد في إحدى صوره الأربعة تبعًا للظروف السائدة في أحواض الترسيب إما على هيئة أكاسيد أو كربونات أو سيليكات أو كبريتيدات. وهناك ثلاثة أنواع من رواسب الحديد الرسوبية وهى:

1 . . رواسب المستنقعات والبحيرات.

2 . رواسب الحجر الحديدي.

3 . رواسب الحديد الطباقية.

1 - **رواسب المستنقعات والبحيرات:** تتكون تلك الرواسب على حواف البحيرات أو في المستنقعات الباردة مثل تلك الموجودة في كندا والجزء الشرقي من الولايات المتحدة.

2 . **رواسب الحجر الحديدي:** تتواجد تلك الرواسب على هيئة طبقات تتخلل الصخور الرسوبية المتكونة في المياه الضحلة من الشاطئ مثل الرمل والغرين والطفلة والحجر الجيري، وأهم المعادن الركازية في هذه الرواسب هي الهيماتيت الليمونيت والجوثيت. وتوجد هذه الرواسب في شرق الولايات المتحدة وفى فرنسا وألمانيا وانجلترا ورواسب الحديد المصرية في أسوان وهى ذات نسيج بطروخى.

3 - **تكوينات الحديد الشرائطية:** توجد رواسب الحديد في البحيرات العظمى وفى البرازيل والهند وجنوب أفريقيا. وأهم ما يميز هذه الرواسب الحديدية ما يلي:

* توجد هذه الرواسب في صخور ما قبل الكمبري وعمرها أكثر 2200 مليون سنة.

* تتواجد على هيئة طبقات تتخلل الصخور الرسوبية والبركانية التي تعرضت لعوامل تحول ضعيفة وتمتد إلى مئات الكيلومترات.

* أهم ما يميزها هو تواجدها في صور شرائطية

* تنقسم هذه الرواسب إلى أربعة أنواع من ناحية معادن الحديد فهي إما أكاسيد أو كربونات أو كبريتيدات أو سيليكات.

* تتراوح نسبة الحديد في هذه الطبقات مابين 20-30 ٪ أما الجزء القريب من السطح فيحتوى على نسبة تزيد على 60 ٪.

3- رواسب المنجنيز: يشبه المنجنيز الحديد إلى حد كبير في صوره ووسائل نقله وترسيبه، فمصدره إما تجوية الصخور السطحية، أو من الانبعاثات البركانية، وينتقل في صورة ذائبة على هيئة أكاسيد وبيكربونات وكلوريدات وكبريتات، وتنقسم رواسب المنجنيز إلى رواسب البحيرات والمستنقعات والرواسب البحرية، وهي تنقسم حسب الصخور الرسوبية المصاحبة لها فمنها ما يصاحب طبقات الكوارتزيت والجلوكونيت والطفلة، وهناك المنجنيز الذي يصاحب طبقات الحجر الجيري والصوان وهذا يصاحب النوع الأخير.

**التبخير**

تعتبر هذه العمليات نوعًا خاصًا من عمليات الترسيب التي لها ظروف خاصة، ولهذا أفردنا لها مجالاً مستقلاً. وتتلخص هذه العملية في أن تبخر جزءًا من مياه البحر يؤدي إلى زيادة تركيز الأملاح الذائبة فيه، حتى تصل إلى درجة التشبع، وبعدها تبدأ عملية الترسيب مع زيادة التبخر، وتنتج عن ذلك الرواسب الملحية أو المتبخرات التي من أمثلتها رواسب الملح الصخري (ملح الطعام) والجبس والأنهيدريت وغيرها، وتتكون الرواسب في أحواض شبه معزولة في المناطق القارية أو شبه القارية حيث يكون هناك إمدادات دائمة من الأملاح إلى أحواض الترسيب دون أن يكون هناك إمدادات كثيرة من الأنهار أو المياه العذبة علاوة على زيادة معدل أو وجود معدل عال للتبخر.

**الأملاح المعدنية:**

تعد الأملاح المعدنية اليوم من أهم الثروات المائية نظرًا لقيمتها العظيمة في عالم الصناعة والطب، وتتوافر هذه الأملاح بكميات كبيرة في مياه البحار والبحيرات العربية، وتستغل في الوقت الحاضر في مواضع كثيرة على طول الساحل وفي الداخل، إلا أن استغلالها لم يصل بعد إلى الحد اللائق فمجال التطور واسع والمستقبل الاقتصادي عظيم القيمة.

وينتج الوطن العربي 2.9 مليون طن عام 1980 مما يؤكد ضآلة الاهتمام بهذا القطاع الإنتاجي رغم تعدد الملاحات في الوطن العربي وانخفاض تكلفة الإنتاج بصورة عامة.

وتتصدر مصر الدول العربية في إنتاج ملح الطعام حيث بلغ إنتاجها عام 1985 حوالي 699 ألف طن وهو ما يشكل 36.4 ٪ من جملة الإنتاج العربي، ويستخرج الملح من الملاحات المنتشرة على طول ساحل البحر المتوسط وخاصة في منطقتي المكس وأدكو، ويفيض الإنتاج عن حاجة البلاد، فتصدر سنويًا كميات كبيرة إلى الأسواق العالمية.

وتأتي تونس في المركز الثاني بين الدول العربية المنتجة لملح الطعم بعد مصر إذ بلغ إنتاجها نحو 316 ألف طن وهو ما يعادل 16 ٪ من جملة الإنتاج العربي، ويستخرج الملح هنا من البحيرات الساحلية والداخلية وتعرف الأخيرة باسم الشطوط وأهمها شط الجريد، ويفيض الإنتاج عن حاجة الأسواق المحلية لذلك تصدر تونس كميات متباينة كل عام إلى الأسواق الخارجية.

وتأتي فلسطين المحتلة المركز الثالث من حيث حجم الإنتاج إذ بلغ إنتاجها من الملح 218 ألف طن وهو ما يكون 10.3 ٪ من جملة الإنتاج العربي.

ولملاحات عدن شهرة واسعة في مجال إنتاج ملح الطعام منذ زمن بعيد ولا تزال اليمن الجنوبية تحتل مكانا بارزا بين الدول العربية في مجال إنتاج الملح.

وتنتج باقي الدول العربية كميات متباينة من ملح الطعام، وأهم هذه الدول من حيث حجم الإنتاج الجزائر والعراق وسوريا والسودان والمغرب. وتعد الكويت من أحدث الدول العربية المنتجة لملح الطعام فقد بدأت إنتاجه عام 1966 حين بلغت الكمية المنتجة حوالي أربعة آلاف طن ومنذ العام المذكور والإنتاج في تطور مطرد حتى بلغ 20 ألف طن عام 1980 وبذلك زاد إنتاج الكويت من الملح بنسبة 400 ٪ خلال الفترة الممتدة بين عامي 1966 - 1980 مما يعكس الاهتمام الكبير بهذه الحرفة في الكويت.

ومن الأملاح التي ينتجها الوطن العربي أملاح البوتاسيوم التي تستخدم بصورة أساسية في إنتاج المخصبات، إلى جانب استخدامها في الصناعات الكيمائية وخاصة إنتاج الصودا الكاوية، كما تستخدم في صناعات الزجاج والبورسلين والصابون ورءوس أعواد الثقاب والمفرقعات والصباغة والدباغة.

وتستخرج أملاح البوتاسيوم بكميات كبيرة من البحر الميت الذي يعد أكثر البحار الداخلية ملوحة في العالم (حوالي 315 كجم من الأملاح المختلفة في اللتر الواحد من الماء)؛ لذلك تنتج فلسطين المحتلة كميات كبيرة من أملاح البوتاسيوم تبلغ نحو مليون طن سنويا لذا تشكل الأملاح عنصرًا رئيسيًا في عناصر صادرات فلسطين المحتلة إلى الأسواق الخارجية.

وتستخرج أيضا مادة النطرون- وهي عبارة عن كربونات وبيكربونات صوديوم مختلطة بعضها البعض- من عدة منخفضات داخلية تنتشر فيها الملاحات الطبيعية والبرك فوق سطح الأرض كما في منخفض وادي النطرون في غرب دلتا نهر النيل في مصر، وبعض النطاقات المنخفضة التي تتركز في النطاق الأوسط من جنوب ليبيا (في فزان). وتستغل مادة النطرون في عدة صناعات أهمها الصابون والزجاج والصودا الكاوية، إلى جانب بعض الصناعات الكيماوية الأخرى، وتنتج مصر سنويا نحو 4 آلاف طن من النطرون في حين لا يتجاوز إنتاج ليبيا منها 100 طن سنويًا تقريبًا.

**أنواع الرواسب التبخيرية:**

***أ- المتبخرات المحيطية***

لمعرفة ترسيب الأملاح من مياه المحيطات لتكوين الرواسب الملحية أجريت تجارب كثيرة على عينات من المياه المحيطية ووجد أن الأملاح تترسب كالآتي:

1 – لا يحدث ترسيب إلا بعد أن يصل حجم الماء إلى النصف وعند ذلك تبدأ كربونات الكالسيوم في الترسيب وكذلك كربونات المغنسيوم مع كمية قليلة من

أكسيد الحديديك وتشكل طبقة من الحجر الجيري الدولوميتي.

2 - عندما يصل حجم الماء إلى 2/ 5 الحجم الأصلي يبدأ الجبس في الترسيب ويصاحبه قليل من كربونات الكلسيوم.

3 - عندما يصل الحجم إلى 10/1 الحجم الأصلي يبدأ ملح الطعام في الترسيب مع جزء متبق من الجبس وكميات ضئيلة من كبريتات المغنسيوم وكلوريد المغنسيوم.

4 - عندما يصل الحجم إلى 0.015 ٪ من الحجم الأصلي ينتهي ترسيب الجبس ولكن يستمر كلوريد الصوديوم في الترسيب ويصاحبه كبريتات وكلوريد المغنسيوم وبروميد الصوديوم.

5 - الماء المتبقي بعد ذلك يحتوى على الأربعة أملاح السابقة بالإضافة إلى كلوريد البوتاسيوم.

ومن هذا نجد أن التتابع الطباقي للترسيب يبدأ بالحجر الجيري ثم الجبس ثم الملح (الذي يكون الجزء الأكبر)، وهذا لن يحدث إلا إذا انعزل جزء صغير من البحر أو المحيط في أماكن يزيد فيها معدل التبخر عن تدفق المياه من المحيط، ونجد طبقات الملح السميكة في خليج السويس والمكسيك والتي يصل سمكها إلى مئات الأمتار نتيجة لتكونها في حوض سطحه تكوّن بفعل عوامل تكتونية وهي أحواض عميقة وليست ضحلة.

*ب- متبخرات البحيرات:*

يختلف المحتوى الملحي في البحيرات المالحة من بحيرة إلى أخرى نتيجة لما تجمعه الأنهار التي تمدها بالأملاح في حوضها وهذا يعتمد على نوع الصخور التي تمر بها هذه الأنهار، ولهذا يمكن أن تقسم البحيرات من ناحية الرواسب الملحية، فمنها البحيرات البوتاسية والبحيرات البوراسية والبحيرات الأزوتية.

فالبحيرات تعطى متبخرات تشبه التي تكونها البحار والمحيطات مثل ملح الطعام والجبس ولكنها تكون رواسب صغيرة، ومن أمثلة البحيرات بحيرة الملح الكبرى في يوتا، والبحر الميت التي تبلغ نسبة الملوحة فيه حوالي 21 ٪، أما البحيرات المُرّة فتحتوى أساسًا على كربونات الصوديوم مع كربونات البوتاسيوم وكلوريد الصوديوم وكبريتات الصوديوم مثل رواسب وادي النطرون بمصر.

**رواسب تكونت بفعل تبخير المياه الجوفية:**

كثيرًا ما يحدث رشح للمياه الجوفية في السهول والوديان المنخفضة، وعندما يتبخر هذا الرشح فإنه يترك الأملاح الذائبة فيه على هيئة متبخرات، وباستمرار التبخر يزداد سمك المتبخرات، وفى أحيان أخرى يصعد الماء الجوفي بالخاصة الشعرية في الصخور المسامية حيث يتبخر وتترسب منه الأملاح على هيئة متبخرات أيضًا، خاصة في المناطق الصحراوية حيث يكون معدل البخر عال جدًا.

ومن أمثلة تلك الرواسب متبخرات النترات الشيلية التي تعتبر من أهم مصادر السماد الأزوتى في العالم وتوجد هذه الرواسب في شيلي بأمريكا الجنوبية وتمتد إلى مسافات طويلة في المنخفضات التي تقع بين التلال الساحلية وجبال الأنديز.

**التركيز الميكانيكي والتخلفي**

تلعب عمليات التجوية الدور الأساسي في تركيز المعادن والخامات الاقتصادية حيث يتم تكوين تلك الرواسب على سطح الأرض، وكما هو معروف تنقسم التجوية إلى تجوية ميكانيكية وأخري كيميائية، ففي التجوية الميكانيكية (أو كما تسمى أحيانًا التجوية الفيزيائية) تتفتت الصخور السطحية والقريبة من السطح، أما التجوية الكيميائية فهي تؤدى إلى تحلل الصخور تحللاً كيميائيًا، أو يحدث تفاعل بينها وبين عوامل التجوية تحولها إلى مركبات كيميائية تختلف عن المعادن الأصلية.

وتتم أحيانًا عوامل التجوية معًا أو تسود واحدة على الأخرى، ففي المناطق قليلة الأمطار والرطوبة، وحيث توجد اختلافات كبيرة بين درجات الحرارة بين

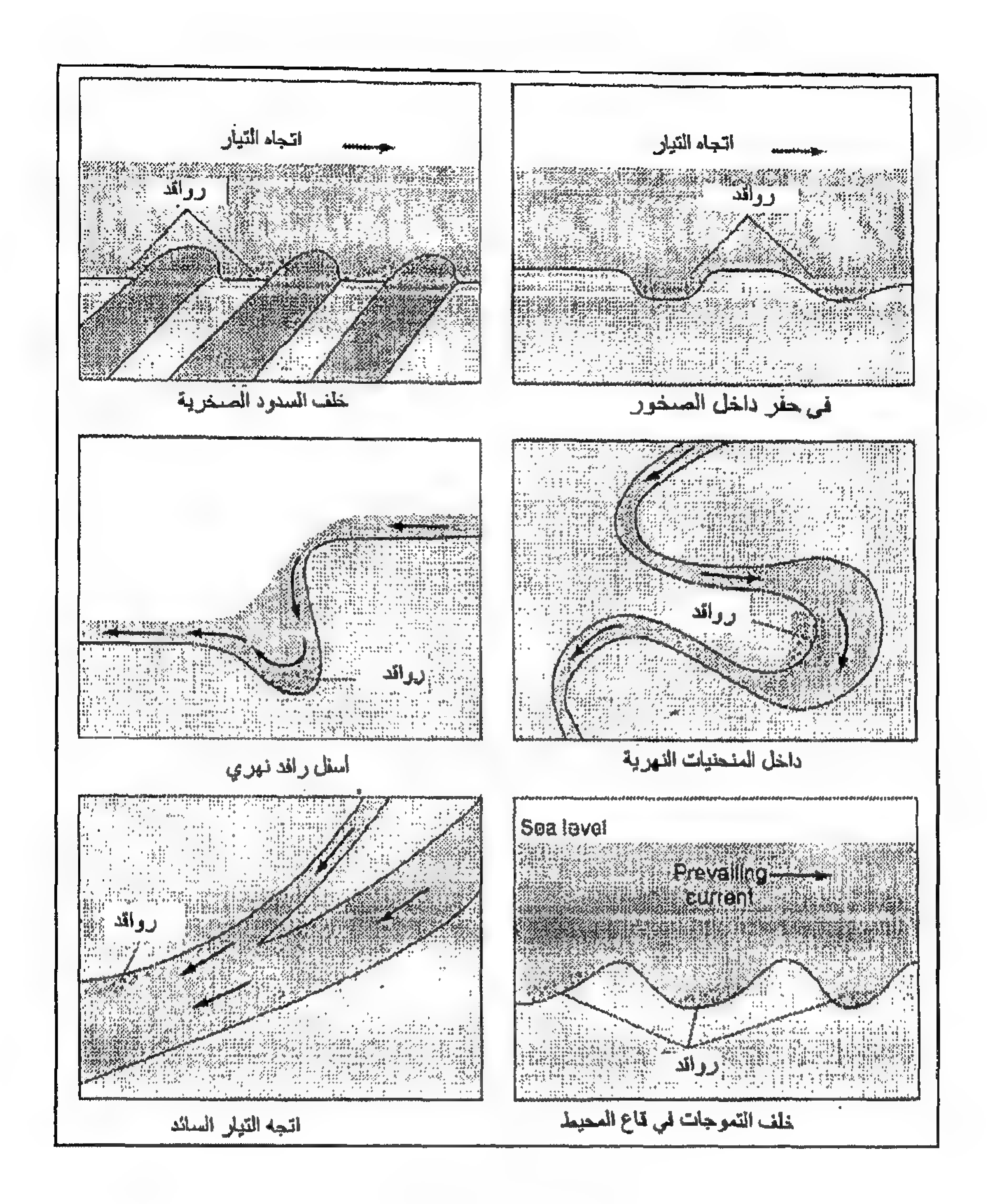
الليل والنهار والصيف والشتاء وكذلك المناطق المتجمدة تكون التجوية الفيزيائية أنشط بكثير من التجوية الكيميائية، أما المناطق الدافئة الممطرة حيث تكثر التجوية الكيميائية لوجود الماء بمصاحبة الأكسجين وثاني أكسيد الكربون، ويمتد فعل التجوية إلى حوالي 50 مترًا تحت سطح الأرض، ولكنها أكثر ما تكون وضوحًا على بعد بضعة أمتار من سطح الأرض وتقل كلما زاد العمق.

### 1- التركيز الميكانيكي

هناك بعض المعادن تتميز بمقاومتها للتحلل الكيميائي أثناء عمليات التجوية وبالتالي فإن تأثير التجوية ينحصر في التفتيت، وتتحرر تلك المعادن ولكنها لا تتأثر كيميائيًا وعادة تكون هذه المعادن ذات ثقل نوعى كبير، ومن أمثلة تلك المعادن الذهب والبلاتين والكاسيتيريت والماجنيتيت والزركون، وأثناء عملية نقل الفتات الصخري بالمياه أو الهواء تتركز تلك المعادن بفعل الجاذبية، ويؤدى ذلك إلى تكوين راسب معدني مختلطا بالرمال والحصى ويسمى الرواقد Placers (شكل 2-4)، وتتركز تلك الرواسب بعوامل النقل المختلفة، وتنقسم تبعًا لذلك إلى:

* **الرواقد النهرية**: وتعتبر هذه الرواسب أهم الرواقد على الإطلاق ويتم فيها تركيز المعادن المقاومة الثقيلة بفعل نقلها بواسطة مياه الأنهار، حيث تقوم الأنهار بعملية فرز طبيعي لتلك المعادن الثقيلة من ناحية الوزن أو الثقل النوعي لها. وتعتمد تلك القدرة النهرية على حمل الفتات على عدة عوامل: سرعة التيار النهري، الوزن النوعي للفتات، شكل وحجم الحبيبات، المنحنيات النهرية، النتوءات في قاع النهر، ومصبات الرواقد.

* **الرواقد البحرية**: تتكون هذه الرواقد على شواطئ البحار بفعل الأمواج والتيارات البحرية وتقوم بعملية فرز حيث تُحمل المعادن الخفيفة إلى مسافات أبعد من المعادن الثقيلة، ومن أمثلة الرواقد البحرية الرمال السوداء على شاطئ البحر الأبيض المتوسط بين رشيد والعريش.




شكل 2-4: أنواع الرواقد.

* **الرواقد السطحية**: تتكون هذه الرواقد على سفوح المنحدرات نتيجة لتحرر المعادن الثقيلة من محتواها الصخري وانحدارها إلى أسفل على السفوح، وبعد ذلك يتم كنسها بفعل الأمطار والرياح إلى مسافات أطول بينما المعادن الأثقل تبقي بالقرب من المصدر، ومن أهم تلك الرواقد رواقد الذهب والقصدير اللذان يتم تحريرهما من عروق المرو.

* الرواقد الهوائية: وهي نادرة بالنسبة للرواقد الأخرى وتتكون في المناطق الصحراوية بفعل التيارات الهوائية.

### *2- التركيز التخلفي:*

العامل الأساسي في تركيز الرواسب في القالب هو التجوية الكيميائية حيث يتم تركيز المواد المرغوبة من الصخور عن طريق إذابة المواد الأخرى غير المرغوبة وإزالتها بواسطة المياه السطحية، أي أنه يتم تركيز الراسب المعدني في مكان مصدره، ويسمى هذا الراسب راسبًا تخلفيًا أو متبقيًا. والمواد المرغوبة في مثل هذه الرواسب أحد نوعين:

1- معادن ثابتة مثل الذهب والأباتيت والتي تكون مصاحبة للصخور النارية أو معادن إضافية في الصخور النارية حيث يتم تركيزها بإذابة المعادن الأخرى في الصخور النارية.

2- مركبات غير ذائبة وهى تنشأ من تحلل المعادن السيليسية حيث تبقى وتتركز في مكانها بينما تُزال المركبات الذائبة مع المياه السطحية، ومثال ذلك رواسب البوكسيت بعد تحلل معادن الفلسبار.

**الشروط الواجب توافرها لتكوين راسب تخلفي ذي قيمة اقتصادية:**

1- تواجد المصدر أي الصخور التي تحتوى على المواد المرغوبة فيها لتعرضها لعوامل التجوية.

2- توافر الظروف المناخية المناسبة.

3- يجب أن تكون المنطقة ذات ظروف تضاريسية منخفضة وتكون على ارتفاعات عالية حتى تساعد على تواجد الركاز التخلفى، وتهبط المواد غير المرغوبة فيها لمساعدة عوامل التعرية.

4- ثبات منطقة تكوين الراسب لمدة طويلة وعدم تعرضها لحركات أرضية.

**أهم الرواسب التي تكونت بفعل التركيز التخلفى:**

1- رواسب الطفلة التخلفية، وهى أجود أنواع الطفلة.

2- تكوين رواسب البوكسيت (هيدروكسيد الألمنيوم)

3- رواسب الحديد التخلفية ويتم تركيزها على هيئة أكاسيد وهيدروكسيدات ومن أشهرها رواسب الحديد الشرائطية (BIF).

4- رواسب النيكل التخلفية وهى تكون مصاحبة للصخور القاعدية وفوق القاعدية وهو معدن يعرف باسم الجارنيريت.

***1- تكوين الطفلة التخلفية:***

وهذه تعتبر أجود أنواع الطفلة، وأهم الصخور التي تعطى هذه الرواسب هي الصخور المتبلورة التي تحتوى على نسبة عالية من الألمنيوم، مثل الجرانيت والسيانيت النيفيليني إذ أنه لا يحتوى على كوارتز فيكون الراسب الناشئ خاليًا منه، وبعوامل التجوية العادية تتكون معادن الطفلة التخلفية من تحلل معادن أشباه الفلسبار، أما الطفلة الناتجة عن الصخور النارية المافيّة فهي تحتوى على نسبة عالية من الحديد.

***2- تكوين البوكسيت:***

بالرغم من أن الألمنيوم هو ثالث العناصر وأكثر الفلزات شيوعًا في القشرة الأرضية إلا أنه يوجد في معادن يصعب استخلاصه منها، وتقوم عمليات التجوية الكيميائية بعملية تركيز طبيعية للألمنيوم على هيئة رواسب تخلفية تتكون من أكاسيد مائية تعرف باسم البوكسيت، ويوجد البوكسيت في فرنسا واليونان وتركيا، وروسيا والولايات المتحدة واستراليا. تتفوق استراليا على دول العالم في إنتاج البوكسيت، تليها البرازيل وغينيا وجامايكا. ويبلغ احتياطي البوكسيت في كل أنحاء العالم حوالي 20 بليون طن متري.

تتكوّن معظم أنواع البوكسيت من 30 إلى 60 ٪ من الألومينا و 12 إلى 30 ٪ ماء. ويحتوي الخام أيضًا على شوائب مثل أكسيد الحديد، والسليكا (ثاني أكسيد السليكون) وأكسيد التيتانيوم. ويتراوح لون البوكسيت بين الأحمر القاتم أو البني والقرنفلي، وقد يميل إلى البياض اعتمادًا على كمية أكسيد الحديد الموجودة في الخام بصفة أساسية. ومعظم البوكسيت صلب، ويشبه الصخور غير أن بعضه قليل الصلابة مثل الصلصال أو الطين (جدول 2-1).

جدول 2-1: إنتاج الألمنيوم في الفترة من 1950 - 1990

| السنة | أوروبا | أمريكا الشمالية | أمريكا اللاتينية | أفريقيا | آسيا | أستراليا | الدول الشرقية |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1950 | 15ر5 ٪ | 16ر3 ٪ | 44ر4 ٪ | 1ر7 ٪ | 7ر2 ٪ | - | 16ر3 ٪ |
| 1960 | 16ر3 ٪ | 7ر5 ٪ | 45ر5 ٪ | 5ر8 ٪ | 6ر8 ٪ | - | 14ر6 ٪ |
| 1970 | 12ر5 ٪ | 3ر5 ٪ | 40ر7 ٪ | 5ر4 ٪ | 6ر3 ٪ | 15ر3 ٪ | 12ر7 ٪ |
| 1980 | 9ر0 ٪ | 1ر7 ٪ | 27ر1 ٪ | 15ر4 ٪ | 4ر7 ٪ | 29ر4 ٪ | 12ر7 ٪ |
| 1990 | 5ر3 ٪ | 0ر4 ٪ | 23ر4 ٪ | 17ز2 ٪ | 6ر1 ٪ | 36ر7 ٪ | 10ر1 ٪ |

### 3- تكوين رواسب الحديد التخلفية:

تحتوى الصخور على نسب متفاوتة من الحديد لأن هذا العنصر يعتبر من الفلزات الشائعة في القشرة الأرضية، وعند توافر الظروف المناخية المناسبة يمكن تركيز الحديد من الصخور السطحية تركيزًا تخلفيًا على هيئة أكاسيد وهيدروكسيدات، ولولا هذه التعملية لما أمكن استغلال رواسب الحديد الشرائطية (BIF) في أمريكا وكندا مثلاً، فنسبة الحديد في الطبقات تبلغ حوالي 20 ٪ والباقي سيليكات، وهى نسبة غير اقتصادية ولكن الأجزاء الطبيعية تعرضت لعملية التركيز التخلفى وأصبحت نسبة الحديد فيها حوالي 50 ٪ أو أكثر.

*4- تكوين رواسب النيكل التخلفية:*

تحتوى الصخور النارية فوق المافية (البيريدوتيت والدونيت، والسربنتين) على أعلى معدل للنيكل بين الصخور، وعندما تتعرض تلك الصخور للتجوية تحت الظروف المدارية يتحول الجزء الأكبر منها إلى الثيريت أو تربة لاتيريتية، وفى هذه الظروف يكوّن النيكل معدنًا يعرف باسم الجارنيريت $H_4(Mg,Ni)_3\,Si_2O_5\,OH_4$.

**الأكسدة والإثراء الثانوي:**

والأساس في هذه العملية هو إذابة بعض الفلزات (وعلى الأخص النحاس) من الأجزاء العلوية لبعض الرواسب، ثم إعادة ترسيبها تحت مستوى المياه الجوفية، وبهذا يزداد تركيز الفلز في ذلك الجزء، وهذه العملية أكثر شيوعًا في رواسب النحاس وتتم كالآتي: عندما تتكشف رواسب النحاس لعوامل التجوية السطحية فإن معادن الكبريت الأولية تتأكسد، ويتحول النحاس إلى كبريتات نحاس سهلة الذوبان في الماء المتسرب من السطح إلى الأجزاء السفلية من الراسب وباستمرار هذه العملية يتم غسل أو شطف المنطقة التيّ تمت فيها الأكسدة وإزالة ما بها من النحاس وتتبقى فيها المواد غير الذائبة مثل أكسيد الحديد والألمنيوم بالإضافة إلى بعض المعادن التي لا تتحلل كيميائيًا مثل الذهب، ويظل النحاس الذائب في المرور إلى أسفل طالما توافر له الأكسجين الجوفي أو المناخ المؤكسد حتى تصل هذه المحاليل إلى منسوب المياه الجوفية فيتحول الوسط إلى بيئة مختزلة ليعود بعدها إلى هيئة كبريتيدات ناجمة، وبذلك يزداد تركيز النحاس، أي أن العملية تتم في ثلاث مراحل، وهي: الأكسدة، الشطف ثم الترسيب والإثراء الثانوي:

*1- الأكسدة:*

عند تعرض معادن الكبريتيد لعوامل التجوية الكيميائية، فإنها تتأكسد وتتحول إلى كبريتات بفعل الماء والأكسجين من الجو طبقا للمعادلة التالية:

$$FeS_2 + H_20 = FeSO_4 + H_2SO_4$$

والحمض الناتج له أثر فعال في أكسدة كثير من معادن الكبريتيد الأخرى وتحويلها إلى كبريتات وهناك أيضًا الكلكوبيريت الذي يتأكسد ليعطى كبريتات النحاس ومزيدًا من كبريتات الحديدوز.

**العوامل التي تساعد على الأكسدة:**

* تعرض الصخور إلى الماء والأكسجين.
* توجد أنواع معينة من البكتريا لها أثر كبير في أكسدة معادن الكبريتيدات.
* المناخ الدافئ تتم فيه عملية الأكسدة أسرع من المناخ البارد.
* المسامية والصخور المهشمة تسمح بتخلل الهواء الجوى أكثر بين الصخور الصماء.

*2- الشطف:*

تختلف كبريتات الفلزات الناتجة عن عملية الأكسدة في درجة ذوبانها في المياه السطحية التي تسقط أو تمر على منطقة الأكسدة، فنجد أن كبريتات النحاس هي أكثرهم ذوبانًا في الماء، تليها كبريتات الزنك، ثم كبريتات الرصاص العديمة الذوبان تقريبًا، وتذوب هذه الكبريتات في الماء السطحي الذي يحملها إلى أسفل، وبمرور الوقت يتم شطف منطقة الأكسدة من كل الكبريتات الذائبة وتبقى المركبات غير القابلة للذوبان مثل كبريتات الرصاص وأكاسيد الحديد والمعادن المقاومة مثل الذهب والموليبدينيت $MoO_3$ والكاسيتيريت.

*3- الترسيب والإنماء الثانوي:*

تظل الكبريتات الذائبة على صورتها طالما أن المحاليل النازلة تمر في وسط مؤكسد، وعندما تعبر هذه المحاليل منسوب الماء الجوفي وينعدم الأكسجين الجوى يصبح الوسط مختزلاً، وهنا يتم اختزال الكبريتات إلى كبريتيد غير قابل للذوبان ولكنه يترسب تحت مستوى المياه الجوفية، وهذه العملية تسمى الإنماء الثانوي، وقد

تكون نسبة النحاس في بادئ الأمر غير اقتصادية ولكن باستمرار عملية الإنماء يزداد تركيز النحاس تدريجيًا حتى يصل إلى الحد الاقتصادي، وأشهر المعادن التي تكونت بهذه الطريقة الكلكوسيت والذي يعتبر من أهم معادن النحاس الاقتصادية. وقد يحدث الترسيب والاختزال في منطقة أعلى من منسوب المياه الجوفية ولكن على عمق كبير يقف فيه تأثير الأكسجين الجوى ويصبح العمق الذي يعلو المياه الجوفية وسطًا مختزلاً.

**العوامل التي تساعد على الإنماء الثانوي:**

1- وجود المياه الجوفية حيث يقل تأثير الأكسجين.

2- هبوط السائل المذاب إلى أعماق كبيرة يقل فيها تأثير الأكسجين ويصبح وسطًا مختزلاً مثل النحاس على هيئة كربونات (الملاكيت).

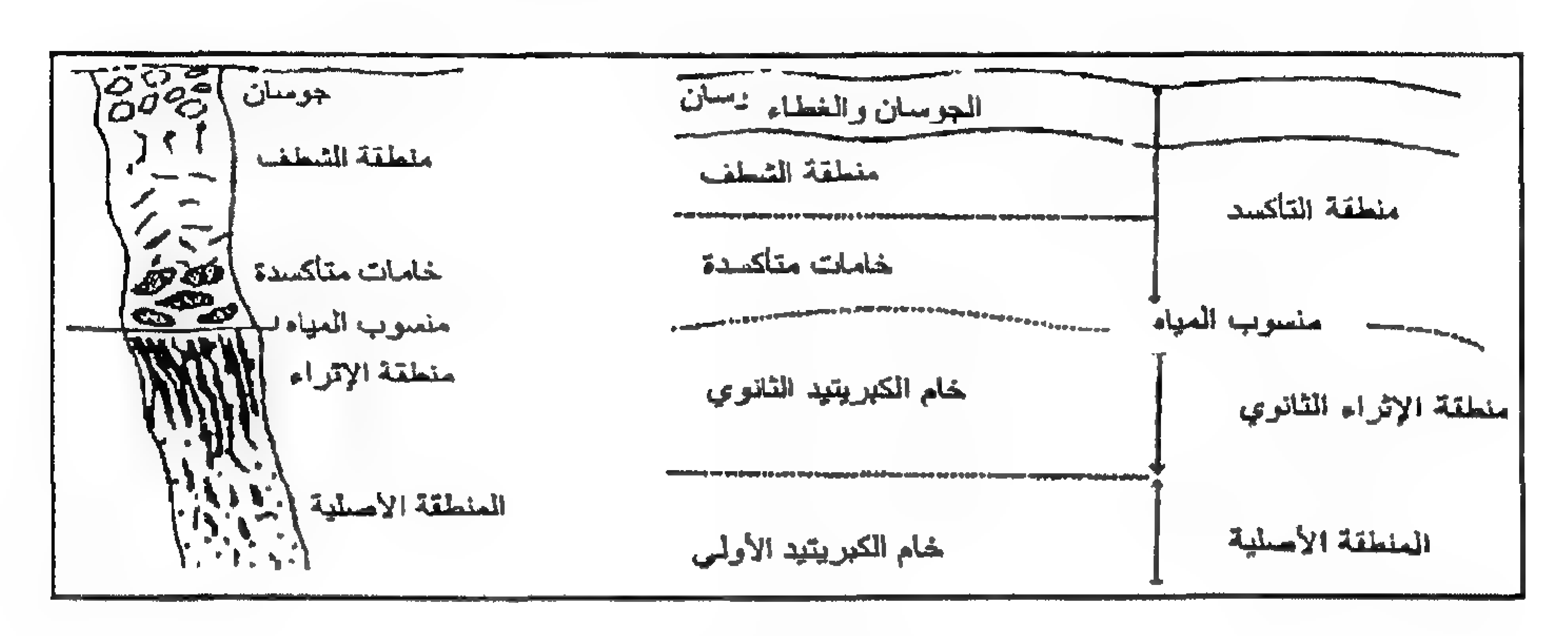
3- عندما يكون المناخ شديد الجفاف فإن الكبريتات لا تجد الماء الكافي الذي يحملها إلى أسفل فتبقى في مكانها أو تترسب من الماء نتيجة للتبخر. وهناك عوامل أخرى لا يحدث فيها إنماء ثانوي مثل العوامل الكيميائية التي تحول الكبريتات إلى أكاسيد أو كربونات بتفاعلها مع الحجر الجيري، ويتكون (الملاكيت) حيث يكون هذا الخام الأخضر أو الركاز الأخضر قريبًا من السطح. وتعتبر عملية الأكسدة والإنماء الثانوي من أهم العمليات التي تحدث في رواسب النحاس السماقى.

***4- تكوين الجوسان:***

بعد إزالة جميع المواد الذائبة من منطقة الشطف، تتبقى بها المعادن غير القابلة للأكسدة مثل الموليبدينيت والذهب علاوة على المواد غير الذائبة الناتجة من عملية الأكسدة وأهمها أكاسيد الحديد ذات الألوان المميزة.

وتنشأ عنها صخور ذات ألوان حمراء قاتمة وبنية ويسمى هذا الصخر بالجوسان، وبتكوينه تكون عملية الأكسدة قد تمت، ووجوده يعتبر من أهم المؤشرات الدالة على

وجود رواسب كبريتيدية أسفله (شكل 2-5)، وفي بعض الأماكن توجد قبعات صخرية من أكاسيد الحديد والتي تشبه الجوسان الحقيقي، ولذلك يطلق عليها اسم الجوسان الكاذب لأنها لا تدل على وجود خام كبريتيدى في العمق.

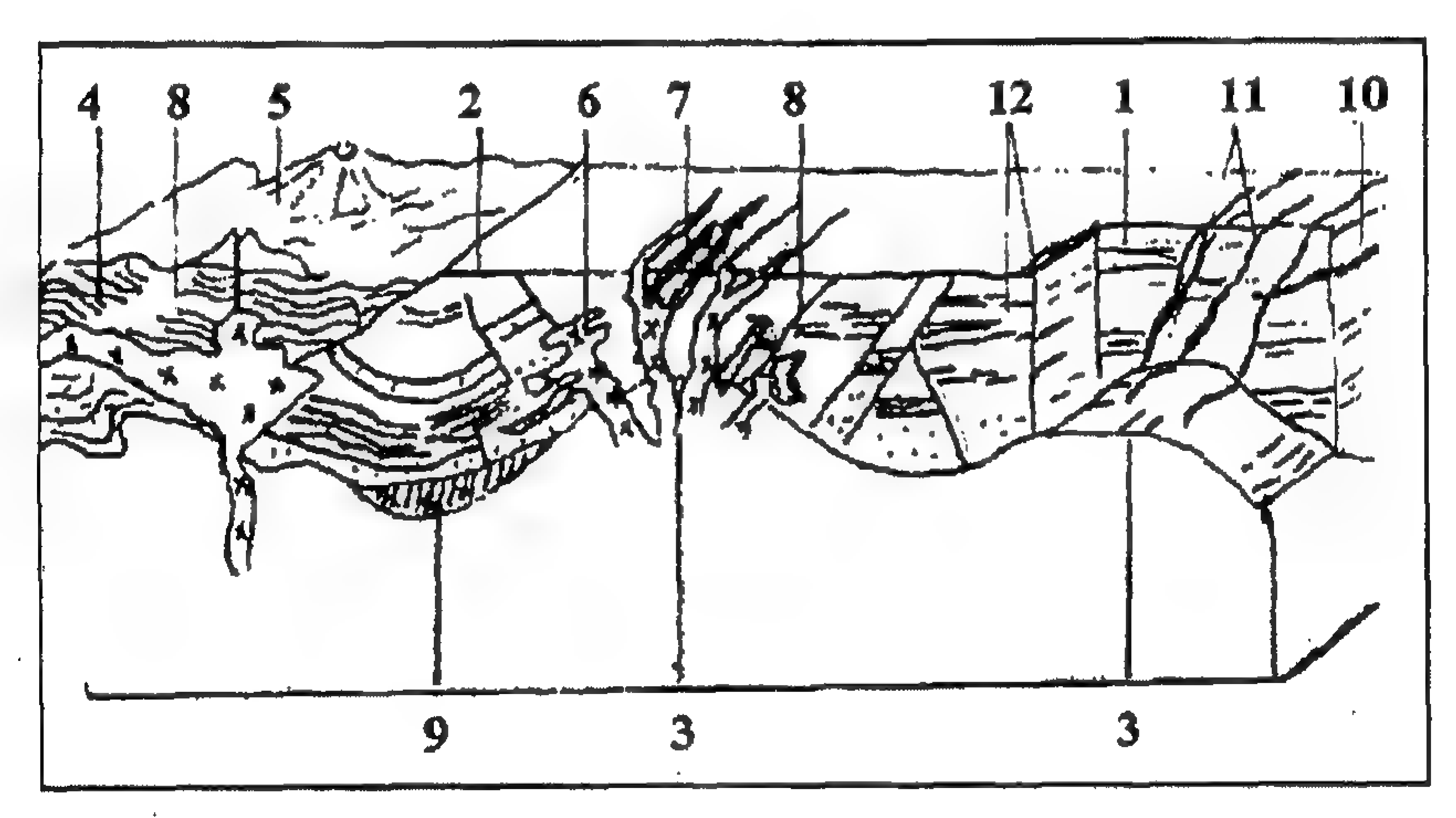



شكل 2-5: الإثراء الثانوي وتكوين الجوسان.

## الفصل الثالث

## أشكال ومورفولوجية الرواسب المعدنية

تأخذ الرواسب المعدنية أشكالاً مختلفة تعتمد أساسًا على كيفية تكونها، فالخامات الرسوبية توجد عادة على هيئة طبقات، إما أفقية أو مائلة وأحيانا رأسية، ويختلف سمكها اختلافًا كبيرًا، فقد تكون رقيقة السمك، أي عدة سنتيمترات، أو قد يبلغ سمكها عشرات الأمتار، وهذه الرواسب متزامنة أي تكونت وقت تكون الرواسب المحيطة، وتكون مرافقة في تركيبها مع الصخور الرسوبية المرافقة. أما الرواسب المعدنية النارية فتوجد عادة على هيئة عروق وقواطع، ويتباين سمكها كثيرا، أو توجد على هيئة كتلية. وتأخذ الرواسب المعدنية المتحولة شكل الرواسب الأصلية، وتشغل الخامات التي تكونت بالتحوال الهيئة الأصلية للصخور التي حلت محلها (شكل 3-1).




شكل 3-1: أشكال الخامات المعدنية في القشرة الأرضية

(1) طبقات أفقية من صخور رسوبية. (2) صخور على هيئة طيات. (3) صخور نارية متداخلة (4) صخور نارية جوفية. (5) صخور بركانية. (6) صخور بجماتية. (7) صخور حرمائية. (8) صخور متحولة. (9) جيوب من الماجما. (10) رواسب تحوالية. (11) عروق مالئة للفوالق. (12) عروق أفقية.

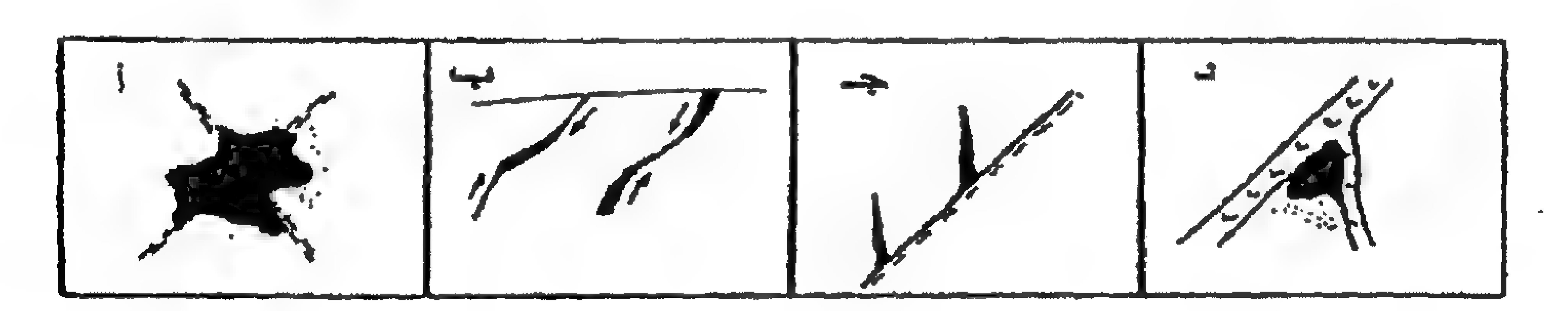
***مكامن الخامات***

ينتشر المحتوي الفلزي للعروق داخل جسم الخام، إلا أنه عادة يتركز في أماكن محددة تسمي مكامن الخام، والتي تختلف عن الأماكن الخالية من الخام، ونادرًا ما تحمل العروق مكامن جيدة في كامل طول العرق أو عرضه، ولذلك فإن المكمن الجيد يُعرف بأنه ذلك الجزء من جسم الخام الذي له قيمة اقتصادية. والمكامن قد توجد في معظم الرواسب الحرمائية، ولكنه يميز على وجه الخصوص عروق الشقوق والخامات التي تكونت بالإحلال.

وتأخذ المكامن أشكالاً وأحجامًا مختلفة، وقد تميل في نفس اتجاه العرق، وغني عن الذكر أنها تشير إلى تركيز الخام اللاحق، وتصنف المكامن إلى الأنواع الآتية:

* **مكامن مفتوحة:** نتيجة للفراغ المتاح.
* **مكامن متقاطعة:** نتيجة لتقاطعات العروق.
* **مكامن محبوسة أو محجوزة:** نتيجة لتراكم المحاليل المعدنة.

ويوضح الشكل (3-2) الأنواع التركيبية للمكامن.




شكل 3-2: بعض الأنواع التركيبية للمكامن.

(ا) تقاطع ما قبل الإزاحة. (ب) فتحات نتيجة فوالق عادية ومعكوسة.

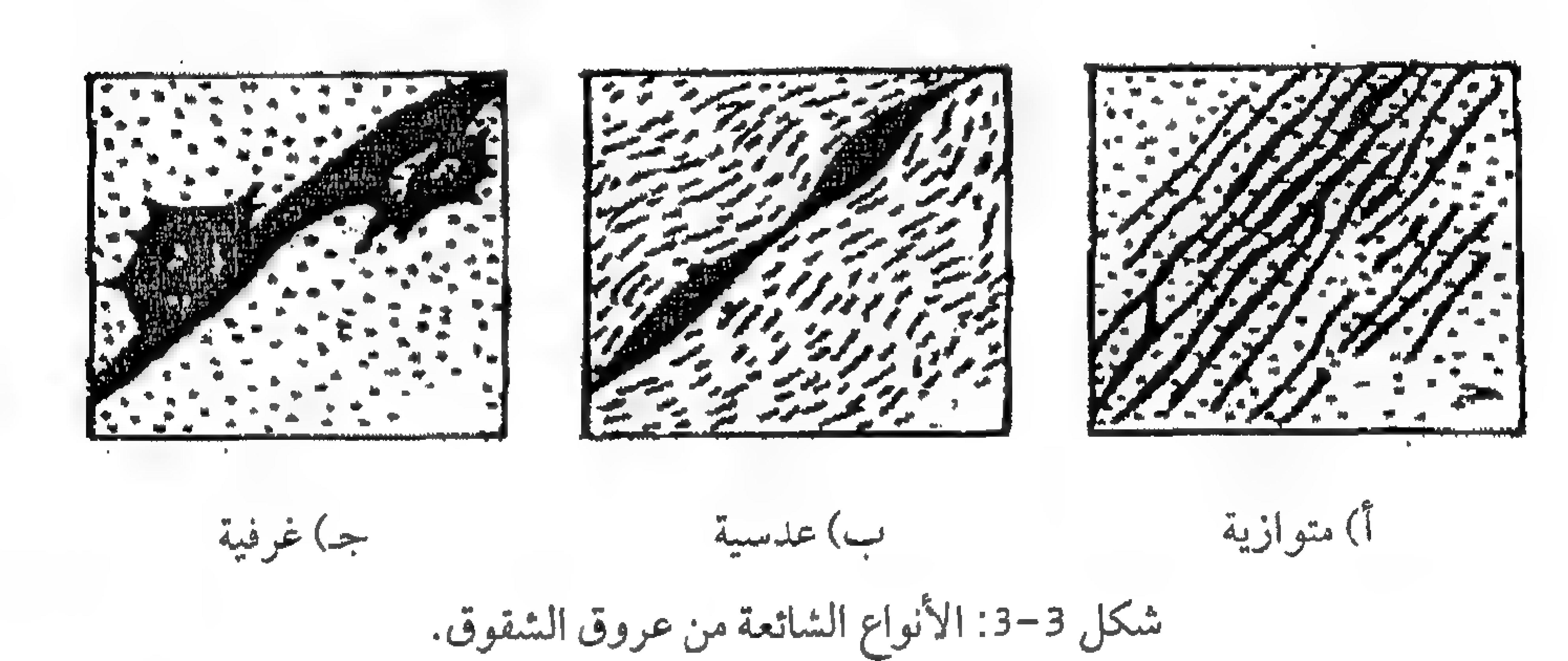
(جـ) تقابل فاصل مفتوح مع فالق رئيسي. (د) تقابل قاطعين متداخلين.

## الأنواع الشائعة من عروق الشقوق

1 – العروق المتوازية: وهى عبارة عن عروق قريبة من بعضها ومتوازية، وتكون في مجموعها ما يسمي لود (شكل 3–3 أ).

2 – العروق العدسية: وتوجد عادة في صخور الشيست على هيئة عدسات غير متصلة (شكل 3–3 ب).

3 – العروق الغرفية: وهي العروق التي تكون حوائطها غير منتظمة ومهشمة، وتتفرع هذه العروق وتلتئم حاملة أجزاء من الصخور المجاورة داخلها (شكل 3–3 جـ).



أ) متوازية ب) عدسية جـ) غرفية

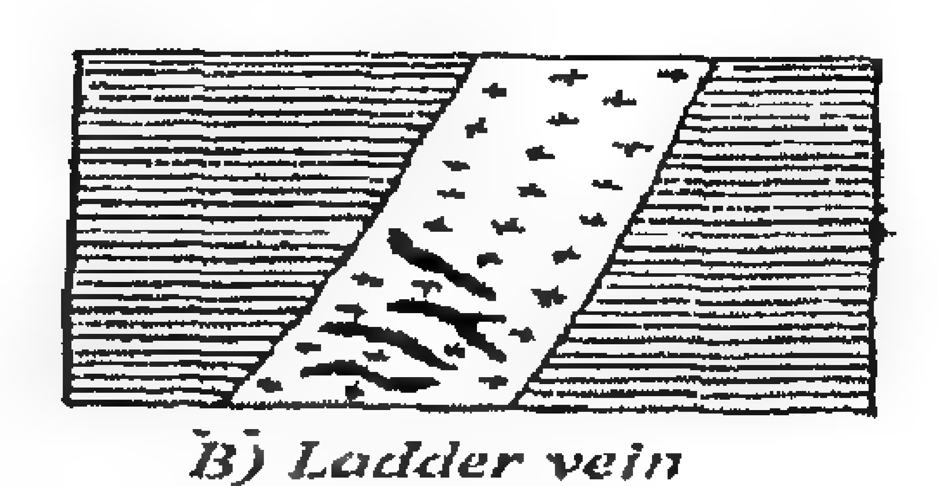
شكل 3–3: الأنواع الشائعة من عروق الشقوق.

ويتركز الخام داخل العروق والقواطع في أشكال مختلفة أهمها الجزوع (الستوك) والسُلميّة.

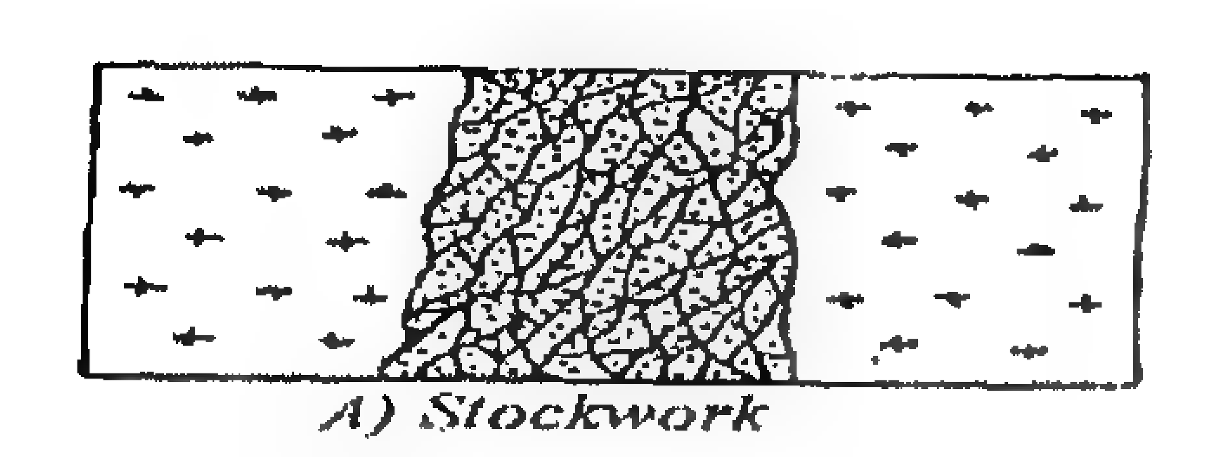
**العروق السُلّمية:** وتوجد عادة في القواطع، وهي عادة كسور قصيرة، وشبه متوازية تشبه السلالم والتي تملأ لاحقًا بالخام (شكل 3–4 أ).

**الجزع الناري (الستوك):** وهو عبارة عن كتلة من الصخور تقطعها شبكة العروق الصغيرة الحاملة للخام (شكل 3–4 ب)، ويتراوح سمك كل عرق حوالي سنتيمتر واحد في العرض وعدة أمتار في الطول، وعادة تستخرج كل كتلة الصخر عند تعدين الخام.

أ) العروق السلمية



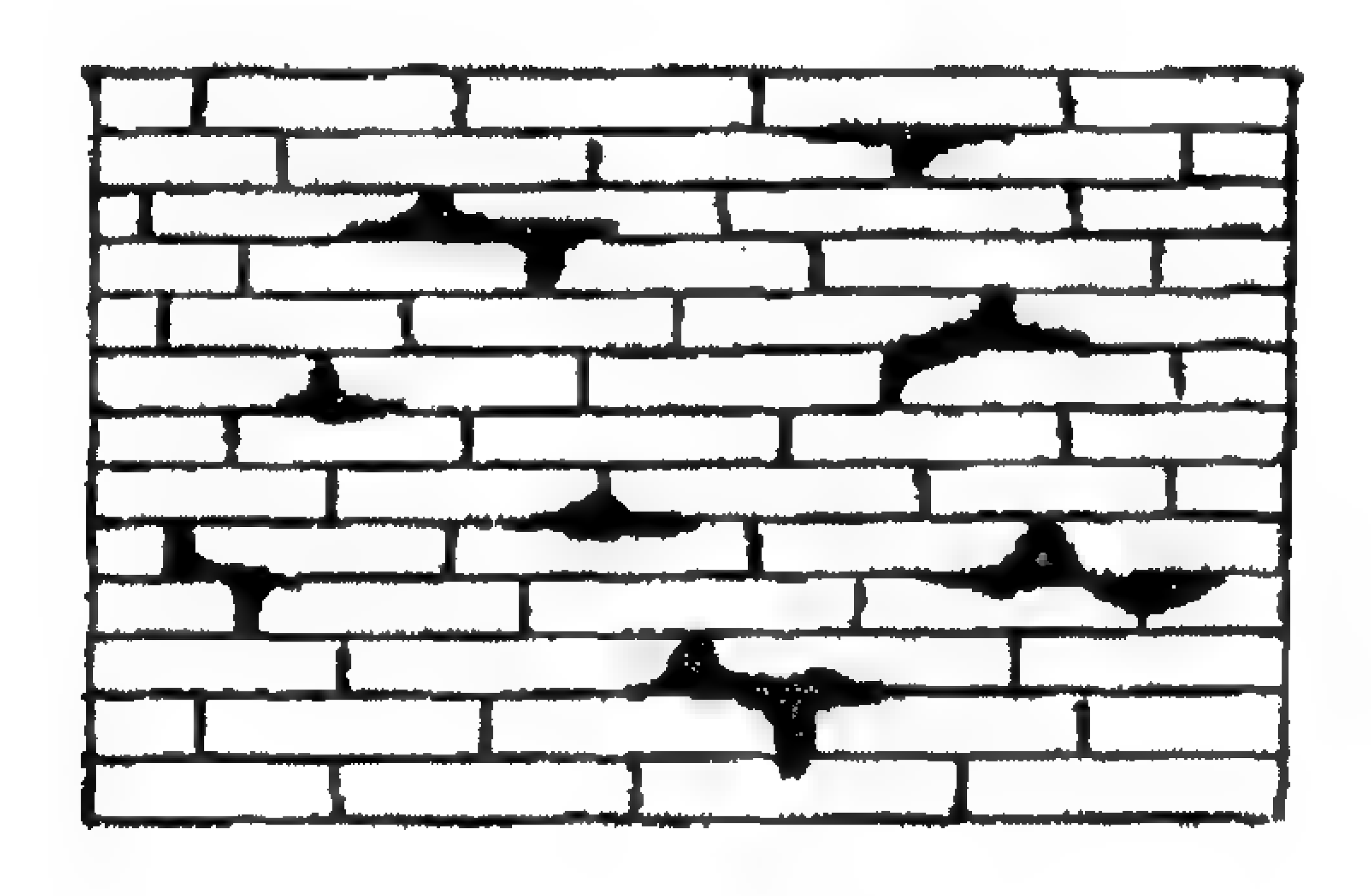

ب) الستوك




شكل 3-4: توزيع الخام داخل العروق والقواطع.

**خامات الكهوف:**

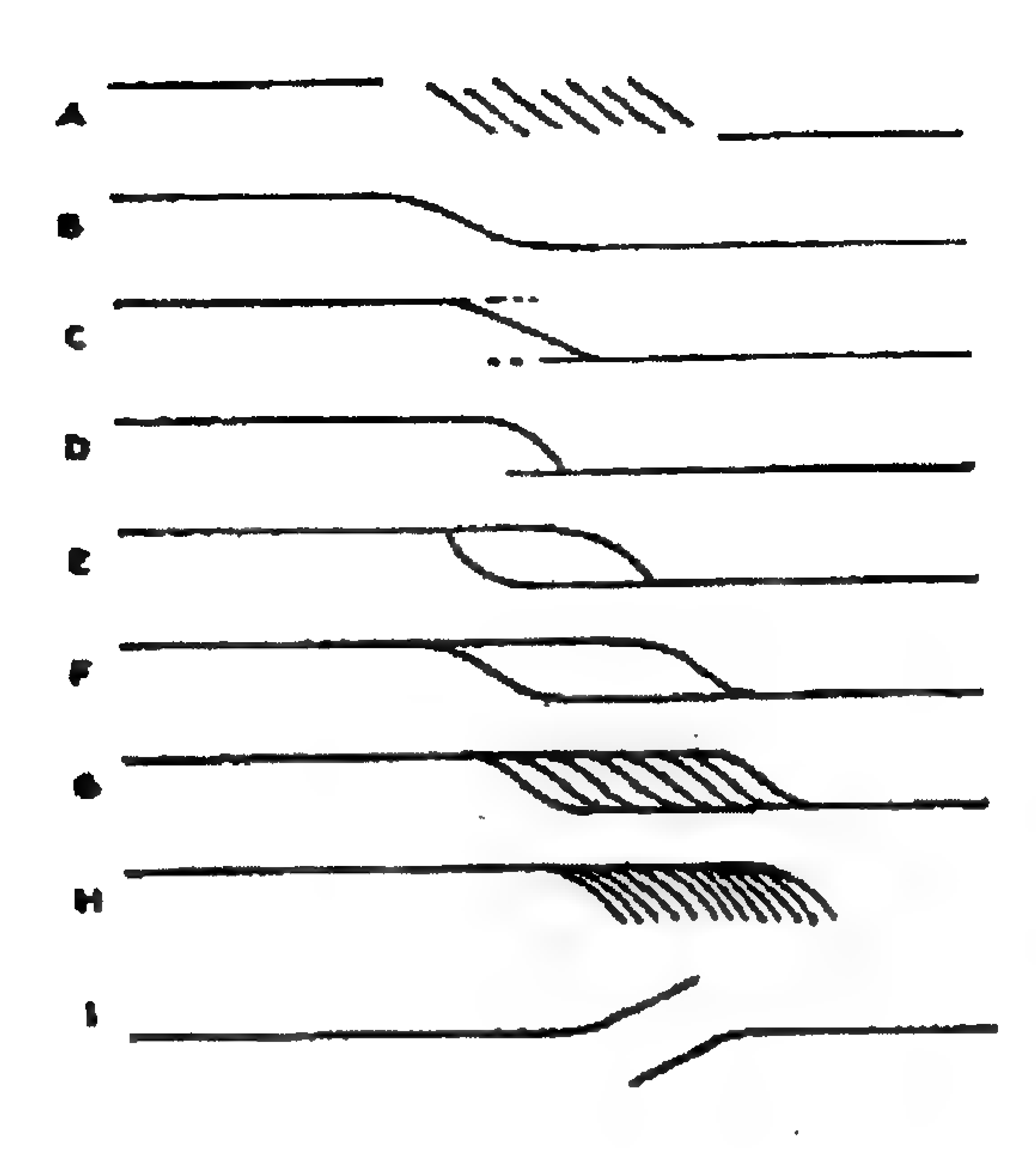
قد تحتوي الكهوف التي تكونت بفعل المحاليل في الصخور الجيرية على رواسب معدنية من الرصاص والزنك والنحاس والزئبق...إلخ (شكل 3-5)، إما عن طريق الملأ أو الإحلال.



شكل 3-5: رواسب معدنية في كهوف الحجر الجيري.

**تواجد مكامن الخامات في أنماط الكسور المختلفة**

يعتمد الوضع الذي يشغله الخام داخل أنظمة الكسور على عدة عوامل جيولوجية، بعضها يعود إلى شكل العروق والقواطع (شكل 3-6) وحتى يمكن تحليل نمط العرق فلابد من تحديد العرق في شكله المجسم.

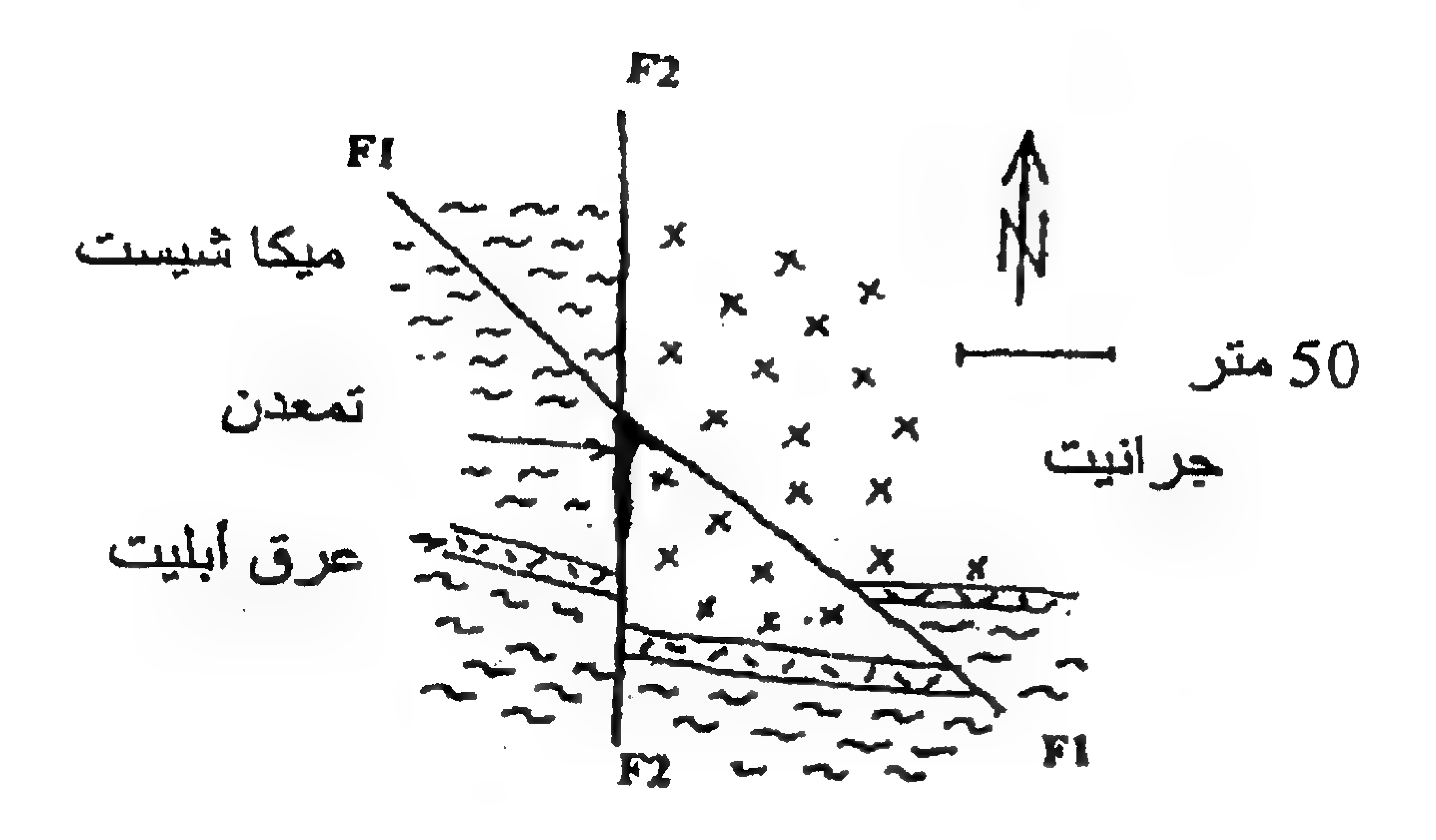



شكل 3-6: أشكال العروق طبقًا لامتدادها وميولها.

وقد يؤثر شكل العروق في ترسيب الخامات طبقًا لعرض الفتحة أو مساحة السطح الذي تعرض للتفاعل. ولا شك أن الفتحات تلعب الدور الهام، سواء كان العرق قد تكون بالحشو أو بالإحلال، وهنا يظهر عاملان هامان، وهما وضع الفتحات وتقاطعها.

**تقاطعات العروق:**

يوجد شكلان هندسيان من أشكال التقاطع، إما على هيئة X أو Y، وتتراوح زاوية التقاطع من زاوية حادة إلى 90 درجة، وقد تكون الكسور التي حددت أماكن العروق تكونت في نفس الوقت أو في مرحلتين متتاليتين، بصرف النظر عما إذا كانت الكسور الأصلية قد تكونت في نفس الوقت أم لا، وخام العروق في كلتا الحالتين من الممكن أن يكون لهما نفس العمر أو من عمرين مختلفين (شكل 3-7).

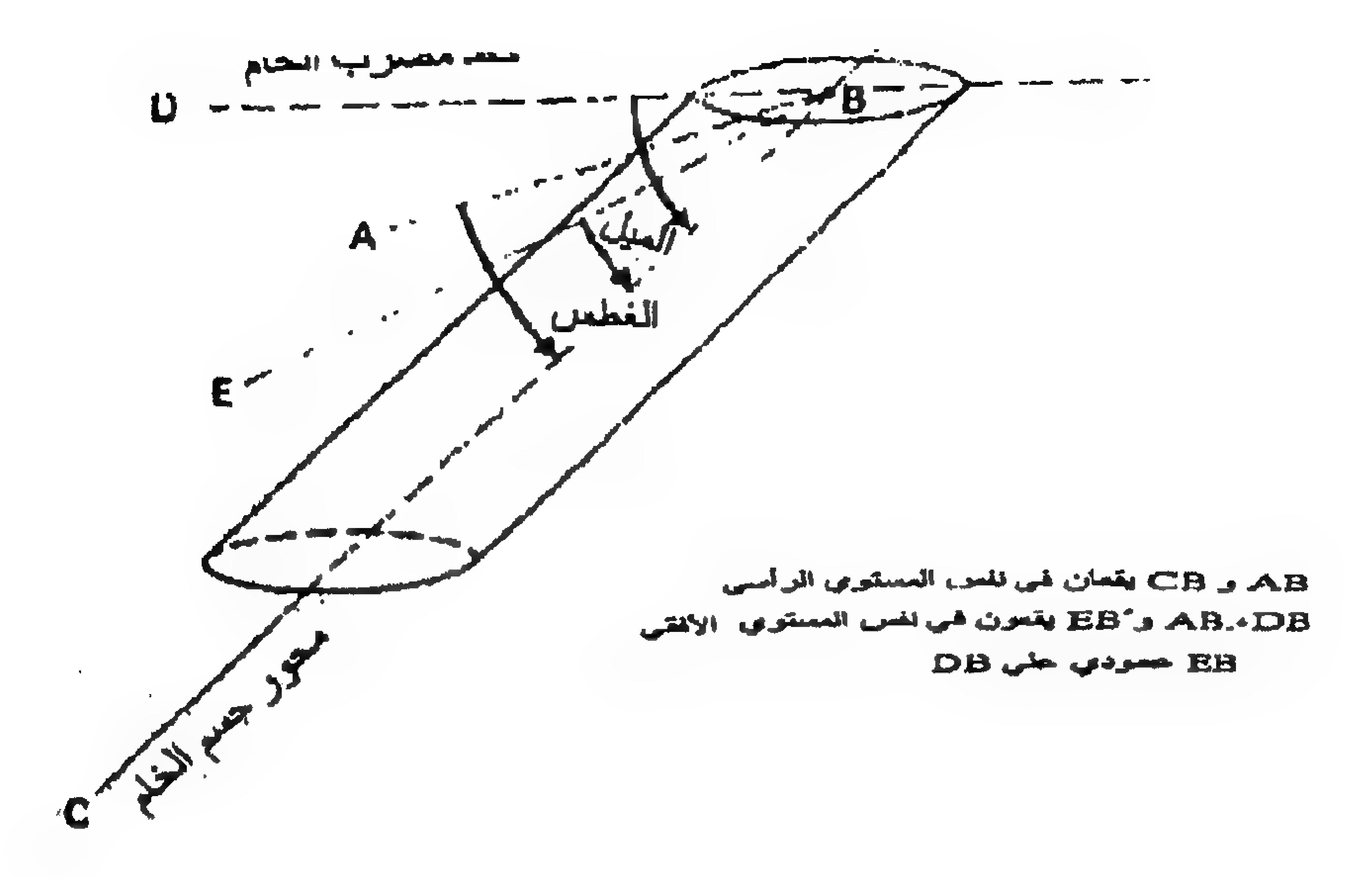



شكل 3-7: موقع الخام في منطقة تقاطع عرقين.

وبالرغم من أنه لا يمكن التأكد من أن تقاطعات العروق تشكل مكانا ملائمًا لوجود خامات، إلا أنه ينصح دائما بفحص هذه المواقع.

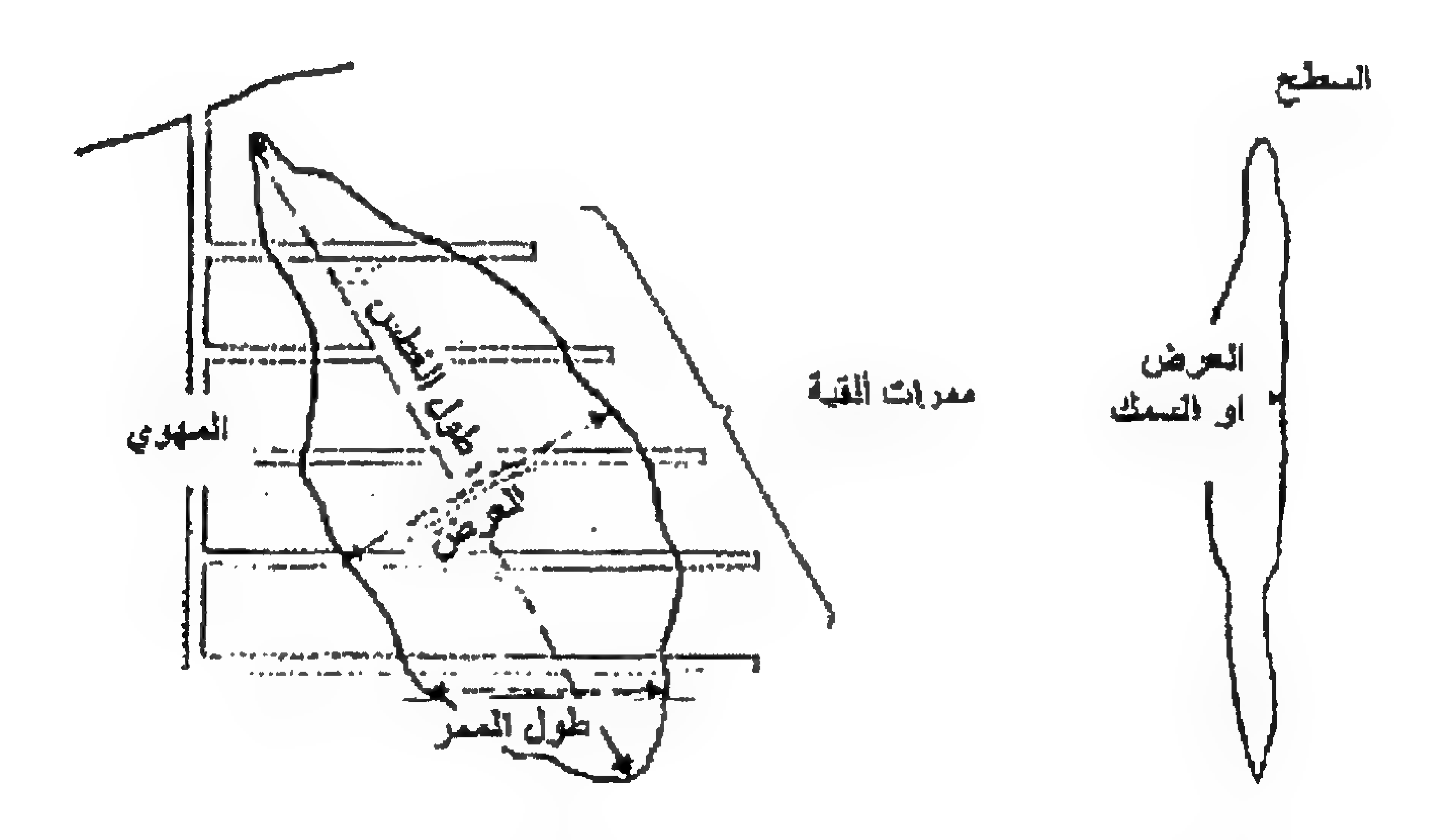
### مورفولوجية أجسام الخامات

إذا كان مسقط جسم الخام أطول في اتجاه ما عن الاتجاه الآخر ففي هذه الحالة يقال أن لجسم الخام محورًا (شكل 3-8)، وتسمي الزاوية المقاسة بين جسم الخام والمستوي الأفقي مقاسة على مستوي رأسي عمودي على خط المضرب بزاوية الميل، ويسمي البعد الطولي للخام بمحور الخام، وتسمي الزاوية المحصورة بين المحور والمستوي الأفقي مقاسة على مستوي رأسي بزاوية الغطس Plunge، أما الزاوية المقاسة بين جسم الخام والأفقي على أي مستوي تسمى زاوية الكسح Pitch.




شكل 3-8: المصطلحات المستخدمة في وصف ميول الخامات الطويلة.

وعادة يكون هذا المستوي هو الذي يشمل خط المضرب أو سطح الفالق بزاوية انحدار وهناك مصطلحات أخري تتعلق بالأبعاد (شكل - 3 9).




شكل 3-9: المصطلحات المستخدمة في وصف أجسام الخامات الطويلة.

### تصنيف شكل أجسام الخامات

تصنف أجسام الخامات إلى خامات متوافقة وأخري غير متوافقة مع الطباقية أو الشكل العام للصخور المحيطة، ثم تصنف الخامات غير المتوافقة إلى خامات لها شكل منتظم وأخري تتميز بحدود غير منتظمة.

*أجسام الخامات غير المتوافقة*

**1- الأجسام المنتظمة الشكل:**

أ-**الأجسام اللوحية الممتدة:** تتميز هذه الأجسام بأن لها اتجاهين كبيرين واتجاها ثالثا محدودا، ويستخدم عادة مصطلح العرق لوصفها، وعادة ما يتغير سمك العرق على طول امتداده، وقد يحتوي العرق على معدن واحد، إلا أنه يتكون عادة من الخام والمعادن الغثّة.

ب- **أجسام على هيئة أنابيب:** وهذه الأجسام قصيرة في اتجاهين ولكنها كبيرة في الاتجاه الثالث، وعندما تكون رأسية تسمي أنابيب أو مداخن، وعندما تكون أفقية تسمي مانتوس Mantos.

**2- الأجسام غير المنتظمة الشكل**

أ- **الرواسب المنبثة:** تنتشر المعادن داخل الأجسام المضيفة، مثل الألماس في صخور الكمبرليت، والخامات المنبثة تعطي أكبر احتياطي عالمي من النحاس والمولبدينوم.

ب- **رواسب الإحلال غير المنتظمة:** يتكون عدد كبير من الخامات بعمليات الإحلال في بعض الصخور وخاصة الغنية بالكربونات، مثل الرصاص والزنك.

*أجسام الخامات المتوافقة*

**1- الصخور الرسوبية المضيفة**

وهذه الصخور المضيفة قد تشكل جزءًا رئيسيا في التتابع الاستراتجرافي مثل

تكوينات الحديد الشرائطي، أو قد يكون تكوين الرواسب لاحقًا ويملأ المسام، وعادة تكون هذه الأجسام كبيرة في اتجاهين، أي متوازية مع التطابق ونادرًا ما تنمو في اتجاه عمودي عليه.

أ- **الحجر الجيري**: تعتبر الأحجار الجيرية من الصخور المضيفة الشائعة لرواسب الكبريتيدات، وغالبًا ما تتكون الخامات في عدد محدود من الطبقات، ويعتمد ذلك على النفاذية، الإذابة، والتفاعل، ومن أشهرها خامات الرصاص والزنك في يوتا بأمريكا.

ب- **الصخور الطينية**: تعتبر الطفلة والحجر الطيني والإردواز من الصخور المضيفة الهامة، ومن أهم هذه الرواسب المتوافقة صخور الكوبفرشيفر Kupferschiefer (شيست النحاس) التي تكونت في الدور البرمي الأعلى، وتمتد من ألمانيا حتى بولندا.

جـ- **الصخور الرملية**: يوجد عدد كبير من الحجر الرملي الحامل لرواسب النحاس حول العالم.

د- **الصخور الزلطية**: يمثل حصى الوديان والكنجلوميرات رواقدًا هامة حديثة وقديمة، مثل رواقد الذهب في كاليفورنيا واستراليا.

هـ- **الرواسب الكيميائية**: توجد أعداد كبيرة من تكوينات الحديد والمنجنيز والمتبخرات منتشرة في العمود الاستراتجرافي للأرض.

### 2- الصخور النارية المضيفة:

أ- **الصخور البركانية**: أهم الرواسب المعدنية الموجودة في الصخور البركانية هي الكبريتيدات البركانية المصاحبة، وهي عادة أجسامًا طباقية أو عدسية أو على شكل ألواح. ومن هذه الرواسب خامات الرصاص التي تصاحب صخور الريوليت.

ب- الصخور الجوفية: تتميز كثير من المتداخلات النارية بطباقية إيقاعية وخاصة في بعض الصخور القاعدية مثل راقات الكروميت الموجودة في صخور بوشفيلد بجنوب أفريقيا.

**3- الرواسب الفضالية:**

وهذه الرواسب تكونت بإبعاد المواد الغثة عن كتلة الخام مما يجعله اقتصاديًا مثل البوكسيت، والكاولين...إلخ.

# الفصل الرابع

# الرواسب المعدنية وتكتونية الألواح

## نظرية تكتونية الألواح

تبني هذه النظرية على أساس مفهوم أن سطح الأرض بأكمله، ينقسم إلى نحو ستة ألواح كبيرة ورقيقة نسبيًا، يبلغ سمك الواحد منها حوالي مائة كيلومترًا، وقد يكون اللوح محيطيًا تمامًا أو قد يحمل تكوينًا قاريًا ضخمًا. وتتحرك هذه الألواح حركة نسبية في اتجاه بعضها البعض أو في اتجاه محور دوران الأرض، وذلك بصفة مستمرة، وهذه الألواح تتقابل وتتحرك بعضها عكس بعض، وينتج عن ذلك آثار جيولوجية مهمة. وقد أمكن تمييز ثلاثة أنماط من الحدود والوصلات على النحو التالي:

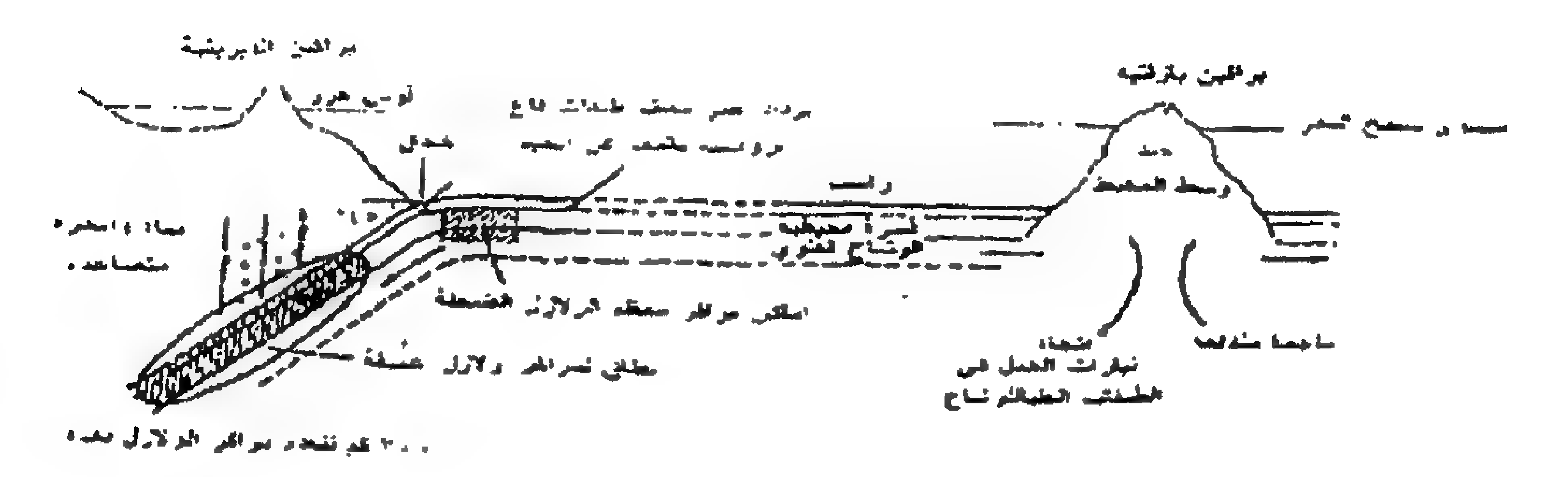
### *1- الحدود البنائية*

وهي إحدى الطرق التي تتقابل بها هذه الألواح وتعرف باسم الحدود المتباعدة أو البنائية، فتتقابل الألواح المتجاورة عند الحيود المحيطية وتتكون في هذه الحالة طبقة قشرية يصاحبها ثوران بازلتي وتدفقات لابيّة Lava flows، ومن الجدير بالذكر أن اللوح الكبير الذي يحمل قارة أفريقيا له حدود بنائية على جانبيه الشرقي والغربي، ويمتد هذا اللوح من الحيد Ridge (عُرْف) الأطلنطي شرق عبر أفريقيا إلى حيد المحيط الهندي.

### *2- الحدود الهدامة*

وهذه الحدود على النقيض من النوع السابق، وتسمي الحدود الهدامة أو المتلاقية، وتوجد هذه الحدود عند الخنادق التي تتخذ أشكالا تشبه حرف V، حيث يتقابل لوحان متجاوران عند حافتيهما في وضع عكسي، وتدفع القشرة المحيطة الرقيقة أسفل الحافة الأخرى، ويدفع طرف اللوح إلى أسفل مما ينتج عنه كل الظواهر

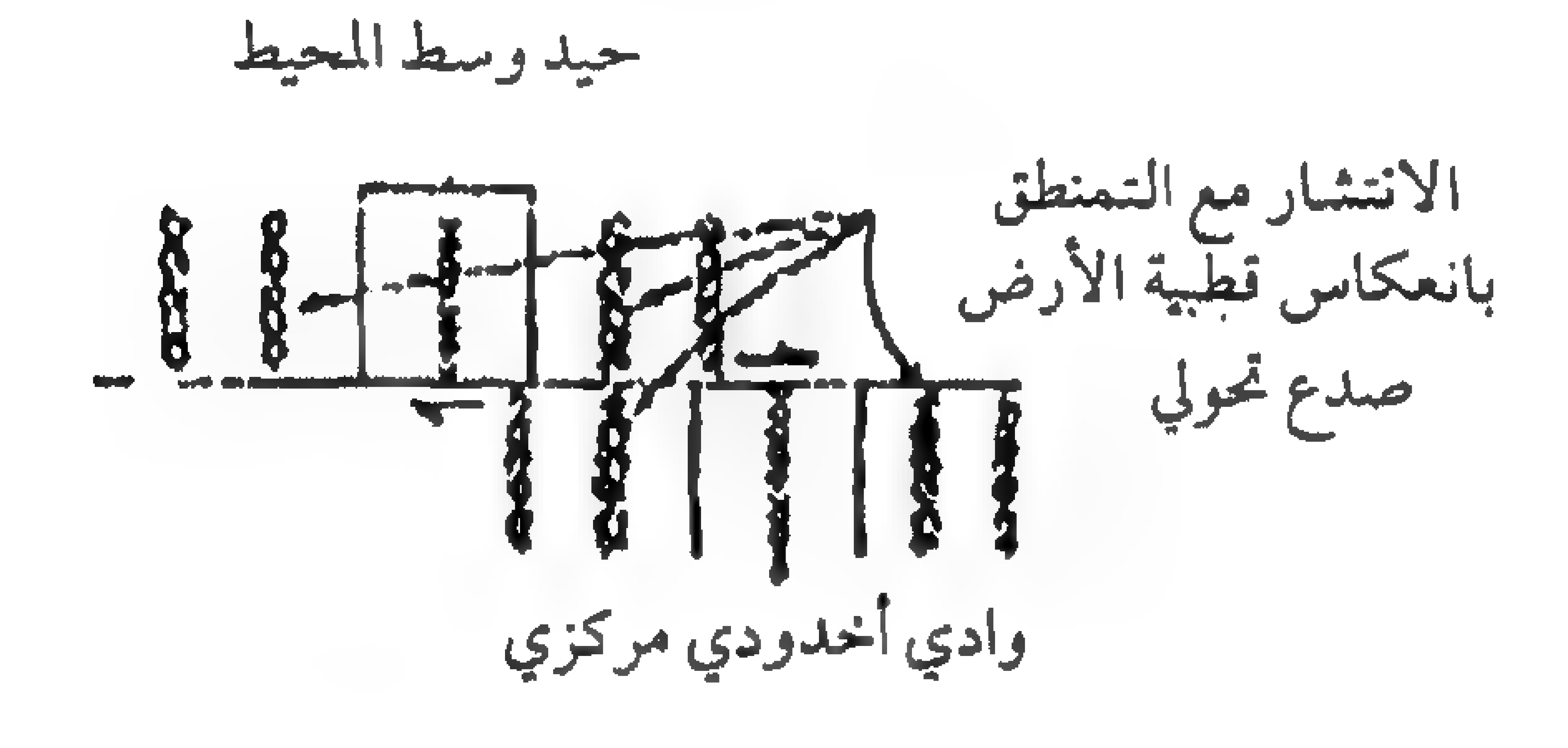
التكتونية من الزلازل والثوران البركاني الأنديزيتي والظواهر الأخرى التي ترتبط بها. والمحيط الهادي -المحاط بخنادق كثيرة من هذا النوع- يبتلع المواد بمعدل أسرع من معدل استحداثها عند حيد وسط المحيط (شكل 4-1).



شكل 4-1: تمثيل تخطيطي لانتشار أرضية قاع البحر والنشاط التكتوني المصاحب.

### 3- الحدود المحافظة

النوع الثالث من الحدود تنزلق فيه الألواح نحو بعضها البعض، وتظهر هذه الحدود بمظهر الحدود المحوّلة (شكل 4-2).

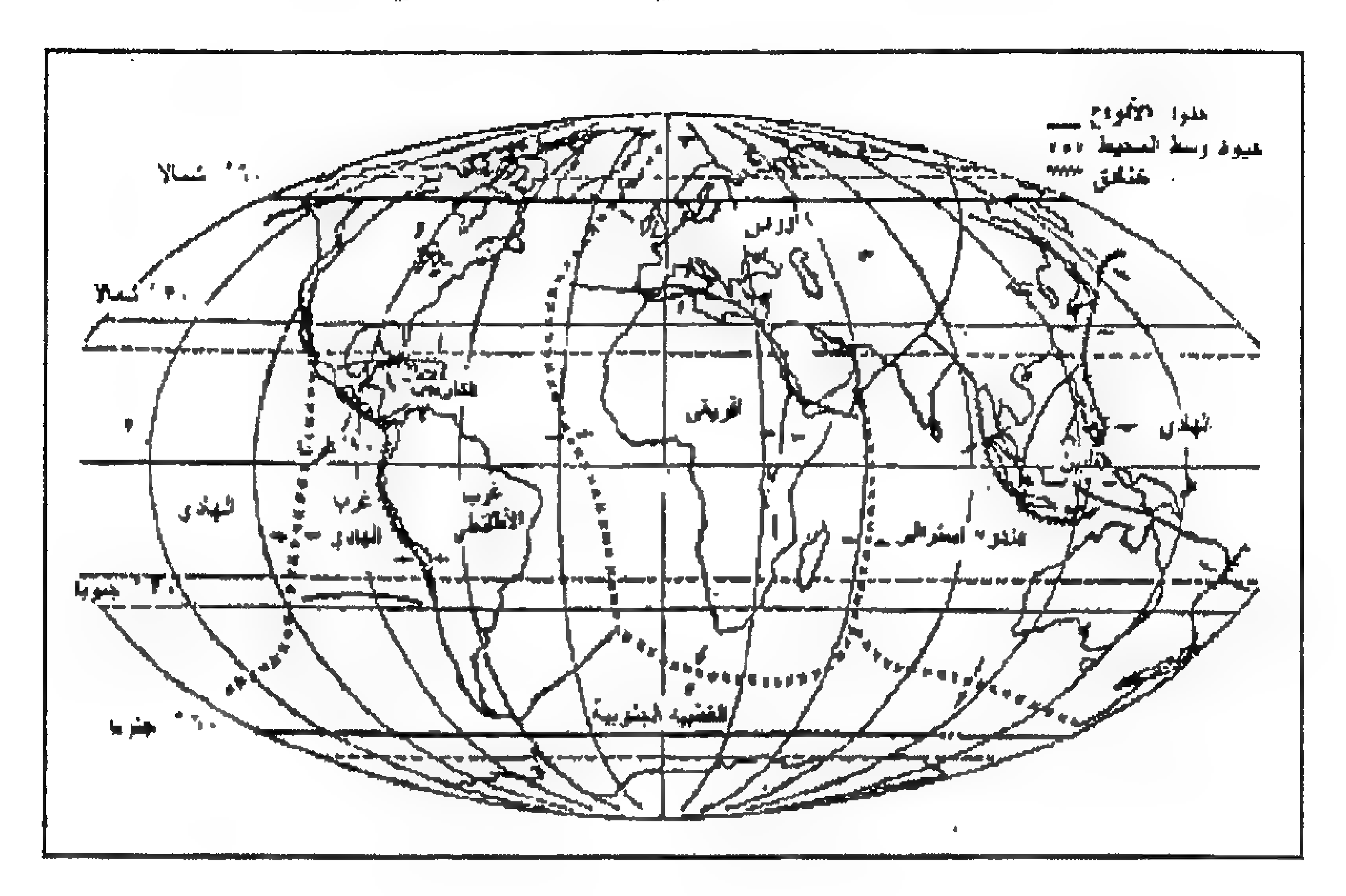



شكل 4-2: الانتشار والتصدع من حيد وسط المحيط.

## الرواسب المعدنية في إطار نظرية تكتونية الألواح

طبقا لنظرية تكتونية الألواح فإنه يمكن تقسيم القشرة الأرضية إلى ستة ألواح كبيرة وعدد من الألواح الصغيرة (شكل 4-3)، وعلي حدود هذه الألواح فإنها إما أن تتحرك تجاه بعضها البعض أو تتباعد أو تنزلق بالنسبة لبعضها البعض، وعندما

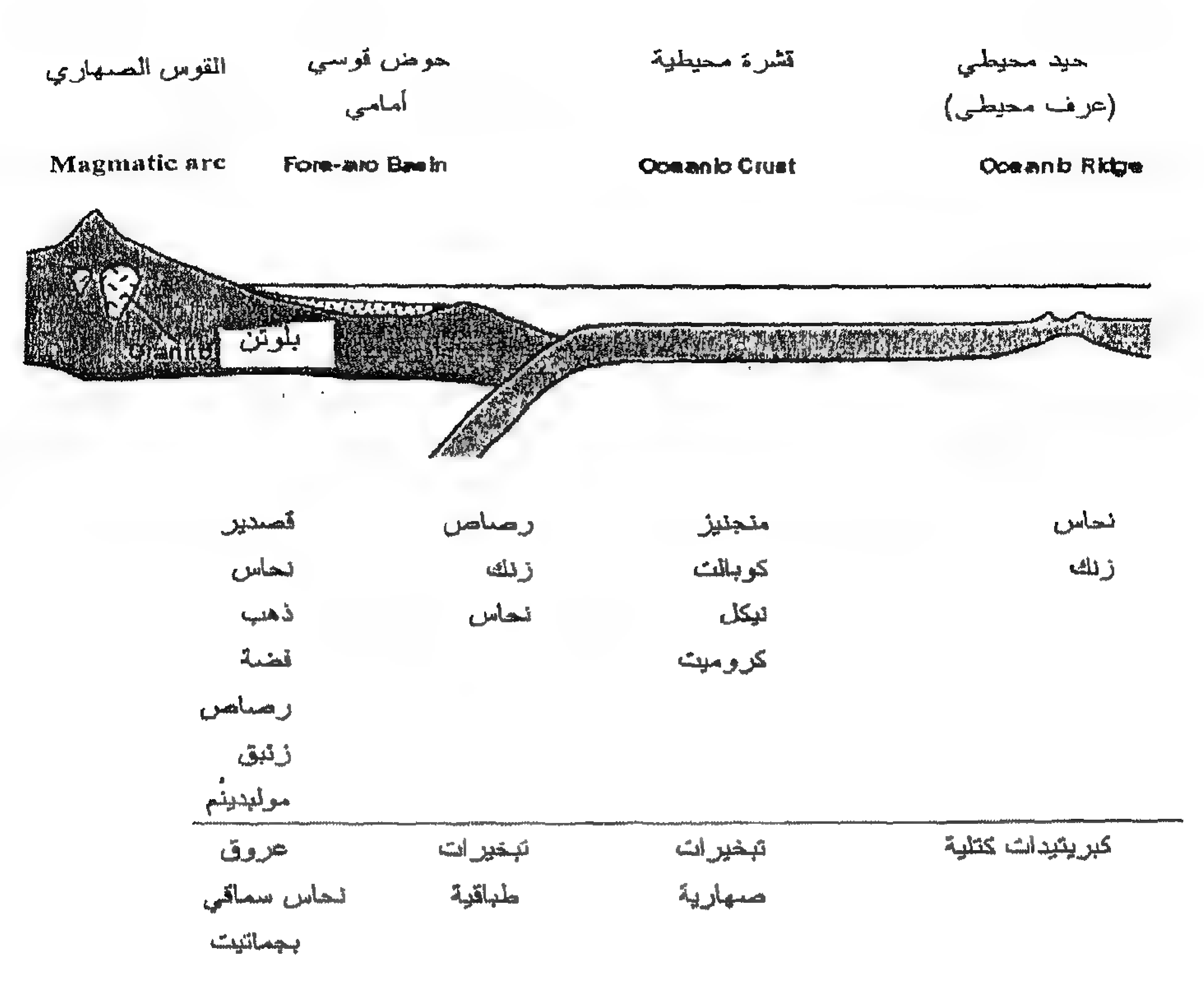
تحدث هذه الحركات فإن القوي الهائلة المتولدة تسبب الزلازل والبراكين، وتتكون البراكين في نمط مرتبط ارتباطًا وثيقًا بتوزيع حدود الألواح.




شكل 4-3: تقسيم الأرض إلى الألواح الأساسية

موضحًا الانتشار من حيود منتصف المحيط والامتصاص في الخنادق.

وتشير نظرية تكتونية الألواح إلى أن نمط تطور القشرة الأرضية هو الذي يتحكم في توزيع الصخور بأنواعها المختلفة زمانًا ومكانًا، كما يتحكم أيضًا في توزيع المناطق التكتونية المختلفة التي توجد فيها هذه الصخور، وحيث إن الرواسب المعدنية هي جزء من صخور القشرة الأرضية ومن مناطقها التكتونية- بل تعتبر أحيانًا من المعالم المميزة لها- فإن وضع الرواسب المعدنية في إطار تكتونية الألواح يعتبر أمرًا في غاية الأهمية. ففي إطار تكتونيةِ الألواح يمكن تحديد مناطق تكتونية مختلفة سواء كانت محيطية أو قارية مرتبطة بمتلازماتِ صخرية ومعدنية مميزة، وقد ذهب البعض إلى تقديم مفهوم جديد يعرف بالمتلازمات الصخرية التكتونية، وهى عبارة عن تلازم أنواع معينة من الصخور مع رواسب معدنية معينة (شكل 4-4).




شكل 4-4: أنواع الرواسب المعدنية التي توجد في الأماكن التكتونية المختلفة طبقا لنظرية تكتونية الألواح.

وهناك الكثير من رواسب الخامات الأساسية يرتبط مع تيارات الحمل الرافعة والآتية من باطن الأرض، ونتيجة لانفصال الكتلة القارية الإفريقية عن الكتلة العربية تكونت خامات كثيرة من الذهب والفضة والنحاس والحديد وغيرها من الفلزات على طول البحر الأحمر. وقد أثبتت نظرية تكتونية الألواح وجود مواقع غنية بالمعادن، والتي تتركز بصفة عامة عند خطوط العرض الدافئة، مما يعطي مرشدًا جيدًا عن المناطق التي يجدر بنا البحث فيها.

وتكتونية الألواح، شأنها شأن تكوين ونمو القشرة الأرضية، تقدم توضيحًا لأصل وتوزيع الخامات المعدنية وخامات الوقود. وتعتمد العلاقة بين تكتونية الألواح والرواسب المعدنية على أسس ثلاثة يمكن إيجازها فيما يلي:

* تتحكم العمليات الجيولوجية، التي تنشط نتيجة للطاقة المتولدة على حدود الألواح، في عملية ترسيب المعادن.

* تتكون الرواسب المعدنية في أماكن تكتونية معينة تتحكم في وضعها تكتونية الألواح.

* إعادة تجميع الأجزاء المتفرقة من القارات يمكن أن تقدم أساسًا جيدًا للتنقيب على رواسب معدنية جديدة.

لقد أثبت تطور نظرية تكتونية الألواح وجود مواقع ممكنة لخامات أولية غنية، كما ساعدت هذه النظرية كثيرًا في التنقيب عن مصادر النفط في أماكن كثيرة من العالم. وتتركز هذه الخامات بصفة عامة عند خطوط العرض الدافئة، وأصبح ممكنًا بواسطة خرائط الألواح التكتونية عبر العصور المختلفة تحديد أي المناطق كانت موجودة عند خطوط العرض الدافئة في الماضي، مما يعطي دليلاً مرشدًا جيدًا عن المناطق التي يجب أن يجري البحث فيها. كما أن هناك شروطًا عديدة يجب توافرها في أي نطاق تكتوني حتى يمكن أن تتجمع الخامات المختلفة.

**أنواع الخامات**

***رواسب الأعراف المحيطية***

1- يعطي النشاط الحرمائي في الأعراف ما يلي:

أ- خامات الكبريتيدات

ب- خامات فلزية على حواف الأعراف، وأهمها الحديد والزنك والنحاس والرصاص والذهب والفضة، مثال ذلك الرواسب الفلزية في البحر الأحمر والتي تحوي الحديد والزنك والنحاس

2- رواسب أكسيد المنجنيز الهامة مثل المنطقة الحرمائية TAG على العرف الأطلنطي.

3- تحتوي الصخور فوق المافيّة مثل الأوفيوليت على خامات الأسبستوس والكروميت والنيكل، وهذه الخامات شائعة في سلاسل حقب الحياة الظاهرة، حيث نقلت إلى أماكنها بواسطة حركة الألواح.

4- رواسب الكروميت المصاحبة للصخور فوق المافية السربنتينية.

5- الرواسب الكتلية الكبريتيدية (نوع قبرصي) الغنية بالنحاس والحديد توجد مع صخور الأوفيوليت وتمثل رواسب حرمائية تكونت على الأعراف المحيطية.

ويوجد العديد من الرواسب المعدنية التي تشير إلى علاقة في التكوين مع الوشاح الحار.

### *رواسب حواف الألواح المتلاقية*

توجد الخامات الفلزية عادة في حواف الألواح القارية والأقواس، فعلي امتداد الحزام المحيط الباسيفيكي توجد رواسب فلزية هائلة في غرب أمريكا الشمالية والجنوبية واليابان والفلبين ونيوزيلندا واندونيسيا. ويأتي أكثر من نصف إنتاج العالم من النحاس السماقي من هذه المنطقة. وفيما يلي أهم الرواسب المصاحبة للحواف الحالية والسابقة المتلاقية:

1- النحاس والرصاص والزنك والمولبدينوم.

2- الفلزات الثمينة مثل البلاتين والذهب والفضة.

3- فلزات أخري مثل القصدير والتنجستن والزئبق، كما أن الطبقات الحمراء الحاوية لليورانيوم توجد مصاحبة للحواف المتلاقية مثل جنوب غرب الولايات المتحدة الأمريكية.

ويظهر التتابع النطاقي جليًا في الحواف المتلاقية، مثل جبال الأنديز من الغرب إلى الشرق على النحو التالي:

1- رواسب الحديد التحوالية بالتماس.

2- عروق النحاس والذهب والفضة.

3- رواسب النحاس والمولبدينوم.

4- عروق الرصاص والزنك والفضة ورواسبها التماسية التحوالية.

5- رواسب الأنتيمون.

وهذه النطاقات تكونت بسبب التحرر المتواصل للفلزات من الأجزاء الهابطة، مع الأنتيمون القادم من عمق حوالي 300 كم. وهذه الفلزات تكونت من بعض التزاوج بين الأجزاء الهابطة وصخور الوشاح الواقعة فوقها، فأثناء حركتهما إلى أعلي في الصهارة أو السوائل يتم تركيزهم في المراحل المتأخرة للسوائل الصهارية والحرمائية.

ويتكون البترول خلف الأحواض القوسية في أقواس الحواف المتلاقية حيث تُحبس المادة العضوية فلا يوجد فرصة لعملية التأكسد، وتساهم الحرارة الأرضية في تحويل المادة العضوية إلى بترول، كما تكون الحركات الأرضية المصاحبة كمائن تركيبية لتجمعات البترول، كما توجد أيضًا مناطق حارة على امتداد الحواف المتلاقية.

### *الرواسب على حدود التصادم*

يوجد في مناطق حدود التصادم العديد من الأوضاع التكتونية، ومعظم الرواسب المعدنية الموجودة بها تكونت في بيئات تكتونية مختلفة وتم نقلها إلى مناطق التصادم، ولذلك تتميز الرواسب الفلزية في هذه المناطق بالتنوع والشيوع على النحو التالي:

1- رواسب مرتبطة عادة بالأعراف المحيطية (الأوفيوليت).

2- رواسب ملازمة لحواف الحدود التصادمية.

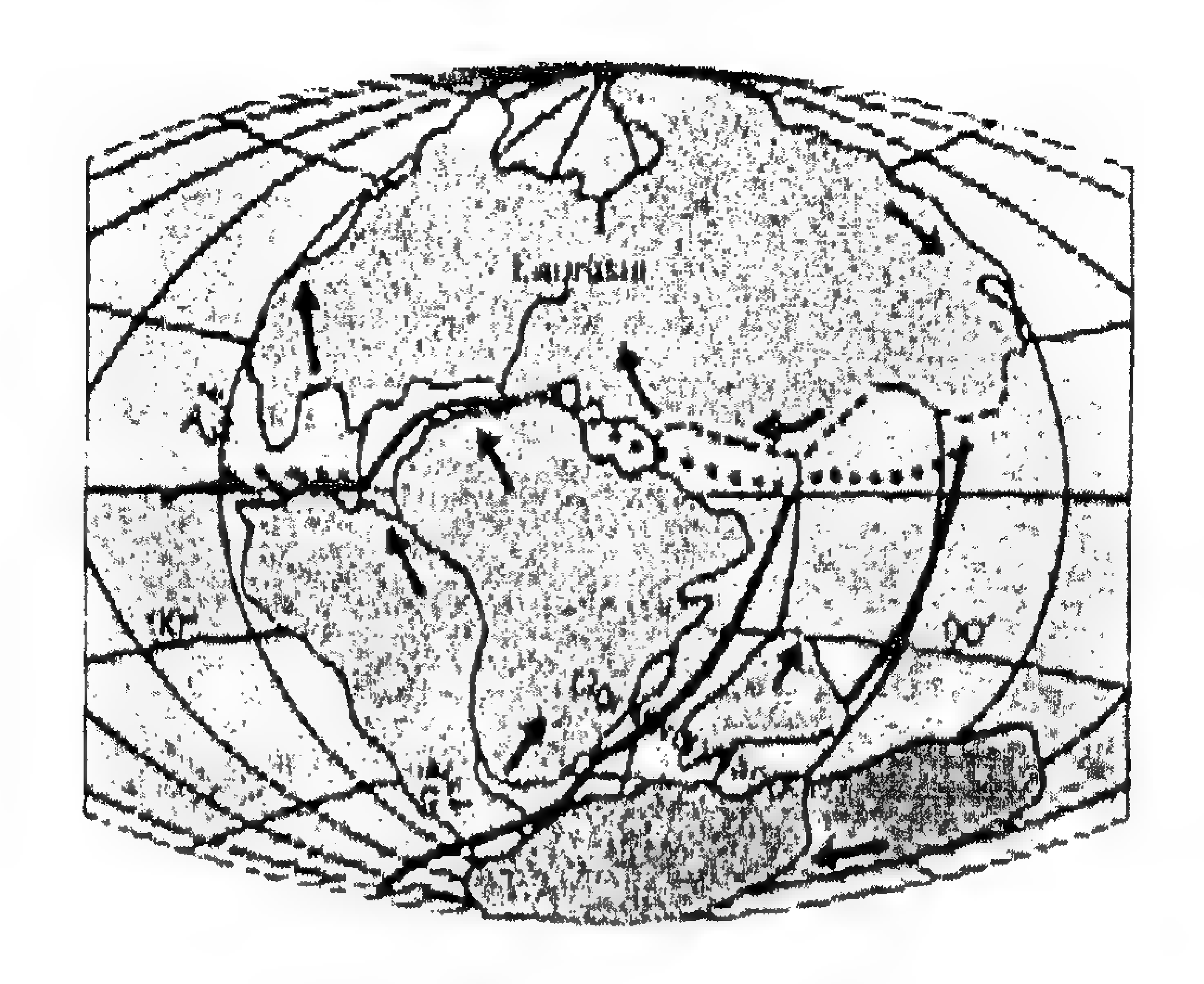
3- رواسب معدنية ملازمة للتجمعات الكراتونية (الرواسخ) Cratonic.

4- رواسب مرتبطة بالأخاديد القارية.

5- رواسب هيدروكربونية -ترجع نشأتها إلى مناطق التصادم- قد تتجمع في الأحواض الأمامية لهذه المناطق مثل الخليج العربي جنوب غرب جبال الزاجروس في إيران.

*رواسب الأخاديد القارية*

يحدث الارتفاع الإقليمي والتقبيب Doming عادة عندما تستقر قارة فوق منطقة ساخنة وتصعد كميات هائلة من الماجما إلى السطح، وقد يحدث انهيار تمددي لليثوسفير مصحوبا بتقبيب مستمر، وتكوين أخاديد ثلاثية الأذرع ويهبط ذراع واحد تاركًا شقًا (فلق) يسمى خط الحرث، في حين يبقي الذراعان الآخران مفتوحين ليكوّنا حوضًا محيطيًا. ويتضح شيوع الأخاديد ثلاثية الأذرع عند إعادة تجميع القارات التي تحيط بالمحيط الأطلنطي إلى وضعها السابق قبل حدوث الانفصال، ويسمي بانجيا، أو أم القارات (شكل 4-5)، وفي معظم الحالات يبقي ذراعان منهما متصلان بالأطلنطي، ويمتد الذراع الثالث إلى القارة، ويلي تكوين الأخدود تقوس القشرة نتيجة للنشاط الحراري في الوشاح.



شكل 4-5: أم القارات قبل انفصالها منذ 180 مليون سنة

——— حدود حواف الألواح المتباعدة

...... حدود حواف الألواح المتلاقية

وتتكون الرواسب المعدنية على النحو التالي:

* يحتوي الجرانيت المتداخل في هذه المرحلة على رواسب الأنتيمون والفلوريت.

* تتجمع المتبخرات في الأخاديد في المراحل التالية مع رواسب الرصاص والزنك والفضة في الأحجار الجيرية، ويتبع ذلك الرواسب الفلزية المحيطية.

* تتميز خطوط الحرث Aulacogens بوجود الفلوريت والباريت والكربوناتيت (بها النيوبيوم واليورانيوم والتنتالوم...إلخ) والجرانيت الحامل للأنتيمون Sn.

والكربوناتيت، عبارة عن صخور نارية غير عادية غنية بالكلسيت ومعادن الكربونات الأخرى، والتي يعتقد أنها نشأت من الوشاح، ويعتبر الكمبرليت والجرانيت القلوي في الأخدود أو بجواره مصدرًا رئيسيًا للمعادن الفلزية وغيرها.

## رواسب الأحواض الكراتونية (رواسخ):

تمثل الأحواض الكراتونية (الرواسخ) الموجودة داخل القارات وعلي حوافها أماكن مناسبة لتجمع المواد العضوية، فعند فتح أخدود كراتوني تتحرك مياه البحر إلى الحوض ويزيد معدل البخر عن معدل المياه المتدفقة إلى الحوض وبذلك تتكون المتبخرات. وتتميز البيئة الجيولوجية بتيارات مائية محدودة مما يساعد على حفظ المواد العضوية والتي تؤدي إلى تجمعات البترول. وباستمرار تكون الأخدود تصبح حركة السوائل غير محدودة ويتوقف ترسيب المتبخرات والمواد العضوية. يرتفع الضغط تحت الأخدود المفتوح نتيجة لزيادة سمك الرواسب الذي يُسهل عملية تحويل المادة العضوية إلى بترول، وفي المراحل الأخيرة من فتح الحوض قد تبدأ الطبقات الملحية في الارتفاع كقباب مكونة مكامن لزيت البترول والغاز. كذلك فإنه من الممكن أن يُحبس البترول والغاز في مصائد تركيبية عند تحركها لأعلي نتيجة لارتفاع الحرارة والضغط كما هو الحال في البحر الأحمر. ويدعم هذا التصور حقيقة أنه توجد حول المحيط الأطلنطي علاقة جغرافية وجيولوجية وثيقة بين تجمعات الهيدروكربون والأملاح.

## رواسب خامات الكبريتيد في القشرة المحيطية

تم مؤخرًا الكشف عن الرواسب الكبريتيدية شرق المرتفع الباسيفيكي، وتوجد هذه الرواسب في مخارج الأنظمة الحرمائية ويُطلق عليها اسم "المدخنون السود" (بلاك سموكرز)، ففي جزيرة قبرص توجد أجسام كبيرة، يصل حجمها إلى 500 ×350 ×50 م من البيريت والكلكوبيريت مع معادن ثانوية من الماركازيت $FeS_2$ والسفاليريت والجالينا، وتدل البيانات الكيميائية والإشعاعية أن هذه الرواسب قد تكونت غالبًا على أرضية قاع البحر. وتشير الحسابات إلى أن عمر هذه الخامات حوالي 100000 سنة، كما تدل الدراسات على أن درجة حرارة المحاليل الحرمائية الصاعدة كانت تتراوح بين 300 و350 درجة مئوية، كما تشير الدلائل إلى أن الكبريت له نفس إشعاع كبريتات مياه البحر، أي أنه من الأرجح أن خامات القشرة المحيطية الكبريتيدية قد تكونت غالبًا من مياه بحر كبريتية مختزلة.

### الخامات الفلزية في قاع المحيط

توجد الخامات الكبريتيدية بكثرة في صخور الأوفيوليت، وقد تم اكتشاف مناطق تدفق محاليل حرمائية في الأعراف المحيطية (أكثرها شرق الباسيفيكي، ولكن الآن أيضًا في الأطلنطي)، وهذه الرواسب هامة جدًا من ناحية الحجم، ولكن كل راسب على حدة يعتبر صغيرًا جدًا وغير ذي جدوى اقتصادية، حتى بالتقنية الحديثة للاستخراج عن بعد.

### العمليات الجيولوجية

تكون العمليات الجيولوجية النارية التي تقوم بتركيز المعادن عادة مصاحبة للمناطق التي تتقابل فيها الألواح أو تصطدم ببعضها البعض، فعندما يتقابل لوحان تتكون الجبال، ويسبب الاحتكاك بين اللوحين إذابة للقشرة الأرضية على عمق يتراوح من 15 إلى 30 كم تحت سطح الأرض مكونة غرفًا كبيرة للصهارة على عمق كبير، وتبدأ الماجما في البرودة والتبلور مكونة أكاسيد المعادن الكثيفة. وتوجد العناصر مثل الفضة والذهب والنحاس والحديد في القشرة الأرضية بنسب تركيز منخفضة، مما يستحيل معه استخراج هذه العناصر من الصخور المحيطة. وفي بعض الأحيان تقوم العمليات الجيولوجية برفع نسبة تركيز هذه العناصر. وتوجد أربع عمليات جيولوجية تعمل على تركيز المعادن، وهي النارية والرسوبية والمتحولة والتجوية، والثلاث عمليات الأولي مرتبطة بعملية جيولوجية أخري، ألا وهي تكتونية الألواح.

### تأثير الألواح التكتونية على توزيع رواسب الخامات

يتحكم الوضع الجيولوجي في حجم رواسب الخامات والمعادن التي تحتويها، فبعض المناطق تتميز بفلز معين أو مجموعة من الفلزات، وهذه المناطق مرتبطة بأوضاع تكتونية محددة وقد تدل -كما سبق ذكره- على أزمنة معينة في التاريخ الجيولوجي تشير إلى تركيز الخامات في المكان والزمان. ومن الأهمية التأكيد على العلاقة الوثيقة بين

الرواسب المعدنية والأوضاع التكتونية البحرية آخذين في الاعتبار أن هذه النظرية تصلح للقارات أيضًا.

### مراكز الأعراف وسط المحيطية وظهير الأقواس

توجد ثلاثة أنواع متميزة من رواسب الفلزات الغنية في بيئة قشرة الأعراف، فالنوع الأول غني بالحديد والمنجنيز، والثاني غني بالمنجنيز والثالث غني بكبريتيد الحديد والمنجنيز المستنزف. والنوع الأول الغني بالحديد والمنجنيز أكثرهم شيوعًا ويوجد في قاع الرواسب في المحيط، والنوع الأول والثاني أصبحا مؤخرًا هامين اقتصاديًا كمصادر للمنجنيز.

وقد وجدت الرواسب الغنية بالحديد والمنجنيز المستنزف في أماكن كانت في الأصل مواقع السوائل الحرمائية المتدفقة حيث توجد عُقيدات Nodules الحديد والمنجنيز بكميات تجارية في قاع البحر المحيط بالمرتفع الباسيفيكي الشرقي. ويري البعض أن كلا من الحديد والمنجنيز مرتبطان بالأعراف المنتشرة.

وتوجد رواسب الكبريتيد الكتلية مصاحبة للبيئات البركانية البحرية، وأحيانًا تعتبر رواسب بركانية الأصل أو تكونت نتيجة رواسب انبعاثية وتمثل هذه الرواسب مصادر كبيرة للنحاس والرصاص والزنك. وقد صنفت هذه الخامات بطرق مختلفة، ولعل أهم هذه التصنيفات –علي أساس الوضع التكتوني والبركانيات المصاحبة– ما يلي:

* النوع القبرصي وهو مصاحب للأعراف في وسط المحيط ومراكز أقواس الظهير المنتشرة.
* النوع البشهي، وهو مصاحب للمراحل الأولي لتكوين القوس الجزيري
* نوع كوروكو (اليابان)، وهو مصاحب للمراحل المتأخرة من تكوين الجزر.

ويوجد 80 ٪ من الرواسب الكبريتيدية الكتلية في الطبقات التابعة للأقواس، والعشرون في المائة الباقية توجد في أعراف وسط المحيط. والرواسب التابعة للأقواس

أكبر بكثير من تلك المتكونة في أعراف وسط المحيط، لأن غرف الصهارة التي يخرجون منها أكبر حجمًا وأطول زمنًا.

### الظواهر الخطية ونماذج التمعدن

تعتمد النماذج الحديثة للرواسب المعدنية على نظرية تكتونية الألواح والرواسب المعدنية المصاحبة مع الامتصاص أو ارتفاع الوشاح على امتداد حواف الألواح. وتفترض دراسات التراكيب الخطية أن الرواسب المعدنية مرتبطة بالظواهر الموجودة على القشرة الأرضية أو على مناطق الضعف بها، والتي مهدت مسارات للمحاليل المتمعدنة لتصعد من مصدر عام إلى القشرة الأرضية السفلية أو على الجزء العلوي من الوشاح وتكون رواسب في أماكن تسمح بذلك.

### الحواف القارية الفاعلة

يمكن أن تحتوي الهضاب الكربوناتية التي تكونت في الماضي على الحواف الإيجابية للقارات على خامات النحاس والرصاص والزنك، إما على هيئة رواسب لاحقة، أي تكونت بعد تكون الصخور المحيطة وعمليات التمعدن الأخرى أو كرواسب متزامنة، أي تكونت أثناء تكون الصخور المحيطة.

تترسب خامات كبيرة من رواسب المنجنيز في المياه الضحلة على أرفف القارات مثل رواسب كوينز لاند باستراليا، فهذا الراسب تكون على شكل طبقات يبلغ متوسط سمكها حوالي 3 مترًا، وقد ترسبت معادن المنجنيز على المساطب الشاطئية والقيعان خلال السينوماني المتأخر في الطباشيري العلوي، أي من حوالي 95 مليون سنة تقريبًا أثناء تقهقر بحري، وعلي العكس من ذلك تكونت في مواقع هامة من المد البحري رواسب الفوسفات.

وتعتبر رواسب الحديد الشرائطية BIF من الخامات الشائعة في الأرض، وهي تتكون من راقات متتالية من صخور غنية بمعادن الحديد، وخاصة الماجنيتيت. وقد تكون الجانب الأكبر من هذا الحديد خلال فترة قصيرة من تاريخ الأرض أثناء

الانتقال من الحقب الأركي إلى حقب طلائع الحياة الحديثة (البروتيروزوي)، أي من حوالي 2.5 بليون سنة. ومن الممكن أن تكون بعض هذه الرواسب الشرائطية قد تكون بفعل المحاليل الحرارية بدلا من تكوينها عن طريق عمليات الترسيب الكيميائية البطيئة.

**رواسب الخامات على قاع المحيط:**

تؤثر تكتونية الألواح في معدل تكوين الأنواع المختلفة من الرواسب وذلك بتغير الظروف في المحيطات وعلى القارات. فإذا أخذنا الأعمار المختلفة لرواسب الخامات في الاعتبار فسوف يتبين لنا أنها مرتبطة بالتحام وابتعاد القارات، وقد سميت هذه الظاهرة الدورة القارية الكبرى ويبدو أن تكوين وانشطار القارات الكبرى يحدث كل حوالي 400 مليون سنة، فالنظرية تفترض أنه عندما تتكون قارة كبري فإنها تولِّد حرارة في الوشاح ويحدث تقوس إلى أعلي في النقاط الحارة، وهذه المناطق الحارة هي التي تؤدي إلى انشطار القارة، وتكون الرواسب الفلزية متلازمة مع فترة بناء القارات (رواسب أوروجينية)، ومرة أخري أثناء المراحل الأولية للانشطار (رواسب قارية غير أوروجينية).

**أنواع الرواسب:**

تتكون الرواسب غير الفضالية بواسطة نقل المواد الاقتصادية الهامة من مناطق تكونها إلى مواقع تجمعها، ووسط النقل غالبًا ما يكون سوائل مائية، ذات حرارة غالبًا فوق 100 درجة مئوية. والمدخنون السود، كمثال تكونت من محاليل حرمائية تحركت خلال الصخور حاملة المعادن أثناء حركتها ثم ترسبت أخيرًا على قاع البحر.

وقد غيرت نظرية تكتونية الألواح الكثير من مفاهيمنا عن تكوين الخامات في أحواض المحيطات، فقد أصبح جليًا أن حرارة الماجما المرتبطة بعمليات تكوين وتدمير القشرة المحيطية في حدود الألواح الغاطسة تكون أنظمة من تيارات الحمل الحرمائية

في أجزاء القاع من المحيط، وهذه الأنظمة تعمل على تركيز خامات الكبريتيدات الكتلية من النحاس والحديد والزنك والفضة والذهب في القشرة المحيطية.

وتركز عمليات الماجما فلزات أخري مثل الكروميت والنيكل والنحاس وعناصر مجموعة البلاتين في الجزء العلوي من الوشاح. وتقوم عمليات التحات الكيميائي للصخور القارية والأنظمة الحرمائية في قاع المحيط مجتمعة بإضافة بعض الفلزات إلى عُقيدات المنجنيز في الأماكن العميقة، وإلى القشرة المكونة من الحديد والمغنسيوم الغنية بالكوبالت على القمم البركانية في الجبال الغاطسة تحت سطح البحر.

**التمعدن خلال الزمن الجيولوجي**

من المعروف الآن أن القشرة الأرضية والوشاح قد مرّا بمراحل متعددة من التغيير خلال التاريخ الجيولوجي للأرض، وهذه التغيرات كان لها تأثير كبير انعكس على ظروف وطبيعة وتكوين الخامات المصاحبة لها، فمثلاً خامات القصدير موجودة في جرانيت حقب الحياة المتوسطة وحقب الحياة القديمة المتأخرة، ويقتصر وجود الحديد الشرائطي على عصور ما قبل الكمبري، وتلازم رواسب النيكل لرواسب الالمنيت الصهارى. كما قد يعزي الفقر في بعض الخامات في الأزمنة اللاحقة للمراحل المتقدمة لنمو القشرة الأرضية والوشاح - مثل عدم وجود كبريتيد النيكل في حقب الحياة الظاهرة - والذي قد يرجع إلى استنزاف الكبريت في الوشاح أثناء الأركي.

والواقع أن الوشاح والقشرة الأرضية الواقعة عليه قد تعرضتا إلى تغيرات متتالية بمرور الوقت، وهذا يدفعنا إلى وضع بعض التعميمات بخصوص توزيع المناطق الميتالوجينية بالنسبة لنمو الوشاح بمرور الوقت، وهذه التغيرات الهائلة يمكن مناقشتها على أساس مراحل زمنية ألا وهي الأركي والبروتيروزوي وحقب الحياة الظاهرة والبيئات التي كانت سائدة خلال هذه الأزمنة:

**الأركي:**

تتميز هذه الفترة الزمنية بشيوع بعض الفلزات وغياب البعض الآخر، والفلزات والمتلازمات الفلزية التي تكونت في هذا الوقت تشمل الذهب والقصدير والحديد والمنجنيز والكروم والنيكل-النحاس والزنك-الحديد، كما توجد كميات وفيرة من الرصاص واليورانيوم والثاليوم والنيوبيوم والزركون والألماس، وأهم الخامات تشمل ما يلي:

* النيكل والكروميت في صخور السربنتينيت.
* النيكل-النحاس في بعض اللابات القاعدية في استراليا، وجنوب كندا، وزيمبابوي – روديسيا والدرع البلطيقي.
* رواسب الذهب في أحزمة الصخور الخضراء (في دوليريت كالجورلي)، والذهب-الزنك في المتلازمات البركانية جنوب كندا.

**البروتيروزوي:**

بدأ هذا العصر بتغير هائل في الظروف التكتونية، فقد نمت الألواح الليثوسفيرية الأولي، والتي سمح ظهورها بتكوين الأحواض الترسيبية والتي أدت إلى وجود كميات كبيرة من الرواسب وتكون المقعرات المتقابلة (الحنائر المقعرة الكبرى) على حواف القارات، وأهم الرواسب المعدنية التي تكونت في هذه الفترة ما يلي:

* رواسب الذهب واليورانيوم في الكنجلوميرات، وأشهرها حوض Witwatersrand جنوب أفريقيا.
* رواسب المنجنيز الرسوبية في جنوب أفريقيا والبرازيل والهند.
* الرواسب طباقية الشكل لخامات الرصاص-الزنك في الكربونات في نهر ماك آرثر ومونت ايزا وغرب ألمانيا.

* خامات الكروم-النيكل-البلاتين-النحاس في القواطع الضخمة في زيمبابوي بروديسيا وبوشفيلد في جنوب أفريقيا.

* رواسب التيتانيوم-الحديد في كاتنجا، زامبيا وشمال غرب أمريكا.

* رواسب المنجنيز الرسوبية وسط الهند وناميبيا.

* رواسب القصدير في صخور الجرانيت القلوي والبجماتيت غرب أفريقيا والبرازيل.

**حقب الحياة الظاهرة:**

في نهاية البروتيروزوي تكوّن نمط تكتوني جديد أدي إلى تكوين أحزمة الطي في حقب الحياة الظاهرة، نتيجة لإزاحة القارات. وقد تركزت عمليات التمعدن على امتداد هذه البيئات التكتونية الجديدة مثل وديان الأخاديد وخطوط الحرث والقباب المصاحبة لها وحواف الألواح البناءة والمهشمة وفوالق التحويل.

## الفصل الخامس

# الرواسب المعدنية في العالم والوطن العربي

يوجد في القشرة الأرضية نحو مائة وثمانية عشر عنصرًا كيميائيًا تم اكتشافها حتى الآن، ومنها ثمانية عناصر رئيسية وهى السيلكون والأكسجين والألمنيوم والصوديوم والبوتاسيوم والكلسيوم والمغنسيوم والحديد، ولذا تسمى هذه العناصر بالعناصر الغالبة حيث تكون نحو 97 ٪ من القشرة الأرضية، أما المائة وعشر عنصرًا الباقية فإنها تكون نحو 3 ٪ من القشرة الأرضية ولذا تسمى بالعناصر الشحيحة، وهي تحتوي على أكثر من 2000 معدنًا. ويبين الشكل (5-1) توزيع بعض الخامات المعدنية الهامة في العالم، ويظهر جليًا أن الثروة المعدنية الهائلة توجد في الولايات المتحدة والاتحاد السوفيتي السابق حيث تقود الولايات المتحدة العالم في إنتاج الفحم والبترول والحديد والنحاس (جدول 5-1).




شكل 5-1 : توزيع بعض الخامات الرئيسية في العالم.

جدول 5-1: الاحتياطي العالمي والإنتاج السنوي للخامات المعدنية خلال عام 2007م طبقا لتقرير المساحة الجيولوجية الأمريكية عام 2008م.

| الخام | الاحتياطي | المرتبة الأولى في الإنتاج | الإنتاج السنوي |
|---|---|---|---|
| النحاس | 490 مليون طن | شيلي 5ر7 مليون طن | 6ر15 مليون طن |
| النيكل | 67 مليون طن | روسيا 322 ألف طن | 66ر1 مليون طن |
| الفضة | 270 ألف طن | بيرو 4ر3 ألف طن | 5ر20 ألف طن |
| النيوبيوم | 7ر2 مليون طن | البرازيل 30 ألف طن | 45 ألف طن |
| التنتالوم130 | 130 ألف طن | استراليا 850 طن | 4ر1 ألف طن |
| الرصاص | 79 مليون طن | الصين 32ر1 مليون طن | 55ر3 مليون طن |
| الزنك | 180 مليون طن | الصين 9ر2 مليون طن | 5ر10 مليون طن |
| الحديد | 150 مليار طن | الصين 600 مليون طن | 9ر1 مليار طن |
| المغنسيوم | 2ر2 مليار طن | الصين 87ر1 مليون طن | --- |
| المولبدينوم | 6ر8 مليون طن | أمريكا 4ر59 ألف طن | 187 ألف طن |
| القصدير | 1ر6 مليون طن | الصين 130 ألف طن | 300 ألف طن |
| رماد الصودا | 24 مليار طن | أمريكا 1ر11 مليون طن | 43 مليون طن |
| سترونشيوم | 8ر6 مليون طن | اسبانيا 200 ألف طن | 600 ألف طن |
| الكبريت | مصادر متعددة | كندا 9 مليون طن | 66 مليون طن |
| التلك | كبير | الصين 5ر2 مليون طن | 1ر8 مليون طن |
| التنجستين | 9و2 مليون طن | الصين 77 ألف طن | 6ر89 ألف طن |
| الفاناديوم | 13 مليون طن | جنوب إفريقيا 23 ألف طن | 6ر58 ألف طن |
| الزركونيوم | 38 مليون طن | استراليا550 ألف طن | 24ر1 ألف طن |
| الميكا | كبير جدا | الهند 51ر3 ألف طن | 2ر5 ألف طن |
| الفوسفات | 18 مليار طن | الصين 35 مليون طن | 147 مليون طن |
| البوتاس | 2ر8 مليار طن | كندا 11 مليون طن | 33 مليون طن |
| الملح | كبير | الصين 56 مليون طن | 250 مليون طن |
| الرمل والزلط | غير متاح | أمريكا 17ر1 مليار طن | غير متاح |
| الفلورسبار | 240 مليون طن | الصين 75ر2 مليون طن | 31ر5 مليون طن |

| الخام | الاحتياطي | المرتبة الأولى في الإنتاج | الإنتاج السنوي |
|---|---|---|---|
| الجبس | كبير | أمريكا مليون طن | 127 مليون طن |
| الجير | غير متاح | الصين 10 مليون طن | 277 مليون طن |
| الزرنيخ | 20- 30 | الصين 30 ألف طن | 59 ألف طن |
| الباريت | 190 مليون طن | الصين 3ر3 مليون طن | 8 مليون طن |
| الطفلة | كبير | أمريكا | 53 مليون طن |
| الفلسبار | كبيرة | ايطاليا 44 مليون طن | 16 مليون طن |

وتنتج البلاد العربية مجتمعة 0.7 ٪ من الإنتاج العالمي من الذهب، 1.4 ٪ من الحديد، 0.23 ٪ من النحاس، 34 ٪ من الفوسفات، وتنفرد المغرب من بين البلاد العربية بإنتاج المنجنيز بنسبة 0.12 ٪ من الإنتاج العالمي.

وقد جرى العرف على تقسيم الخامات والرواسب المعدنية على النحو التالي:

**أولاً - الخامات الفلزية**

**أ- الخامات الفلزية الحديدية**

الحديد، التيتانيوم، المنجنيز، الكروم، النيكل، الكوبالت.

**ب- الخامات الفلزية غير الحديدية**

النحاس، الرصاص والزنك، القصدير، الألمنيوم.

**جـ- الفلزات النفيسة**

الذهب، الفضة، البلاتين.

**د- العناصر المشعة**

اليورانيوم، الثوريوم، الراديوم.

**ثانياً - الخامات اللافلزية**

**أ- الخامات المستخدمة في الصناعات الكيميائية**

الفوسفات، الكبريت، الملح الصخري.

ب- الخامات الصناعية

الأسبستوس، التلك وحجر الصابون، والجبس.

**ثالثاً - معادن الزينة والأحجار الكريمة**

الألماس، الزمرد والأكوامارين، الياقوت (الكورندم) والسافير والزبرجد.

**رابعاً - خامات الوقود**

الفحم، والبترول.

**الخامات الفلزية الحديدية:**

*1- الحديد*

يعتبر الحديد من أكثر العناصر أهمية وأكثرها استعمالاً لسعة انتشاره في الطبيعة، وسهولة ورخص استخلاصه من خاماته، كذلك فإنه يمكن التحكم بسهولة في خواصه الفيزيائية وذلك بإضافة بعض المواد الأخرى إليه، وعلى الرغم من أن المعادن الحاملة للحديد كثيرة جدًا (أكثر من 300 معدن) إلا أن أربعة منها فقط هي المصادر المهمة للفلز، وهي الماجنيتيت [أكسيد الحديد المغناطيس] ($Fe_3O_4$) والهيماتيت [أكسيد الحديد الأحمر ($Fe_2O_3$)]، والليمونيت، [أكسيد الحديد الأصفر ($Fe_2O_3.3H_2O$)] والسيديريت ($Fe\ CO_3$) والإلمنيت [أكسيد الحديد التيتاني ($FeTiO_3$)]، ونظرًا لكثرة وانتشار خامات ورواسب الحديد في القشرة الأرضية ووجودها بكميات هائلة فإن الرواسب التي تقدر بملايين الأطنان فقط تعتبر رواسب صغيرة، أما إذا قُدر المخزون أو الاحتياطي بعشرات الملايين من الأطنان فيعتبر راسبًا متوسطًا، أما الرواسب والاحتياطي الضخم فيقدر بمئات وآلاف الملايين من الأطنان.

وتمتلك الدول العربية احتياطًا كبيرًا من رواسب الحديد، وقد وصل إنتاج الحديد الخام بالدول العربية عام 2007م إلى حوالي 17 مليون طن أي ما نسبته 1.4 ٪ من الإنتاج العالمي، وتعتبر موريتانيا المنتج الرئيسي للحديد في الوطن العربي

تليها الجزائر والمغرب ومصر والسعودية (جدول 5-2).

جدول 5-2: إنتاج الحديد الخام في البلاد العربية في الفترة 2004 - 2007م

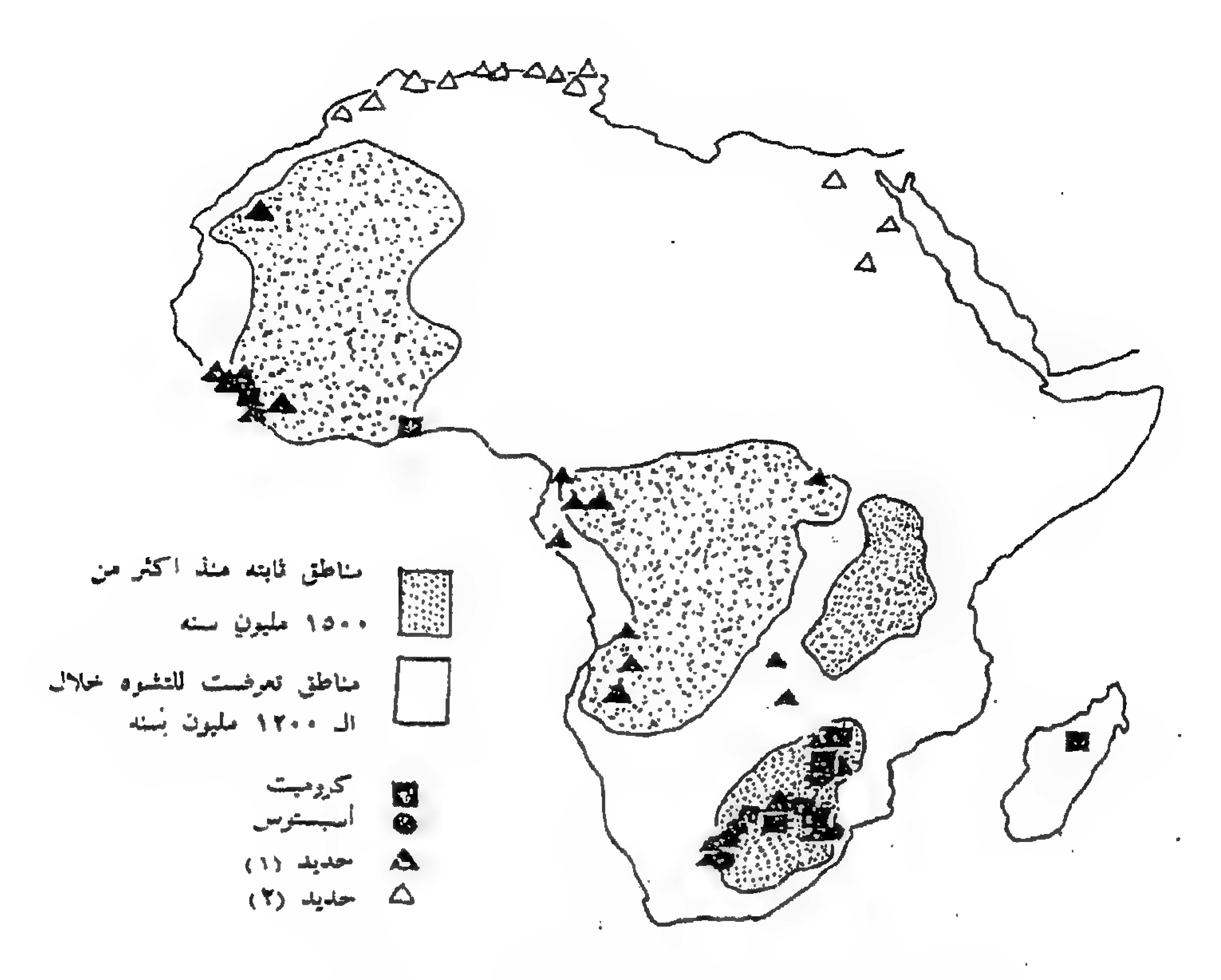
| الدولة | الإنتاج الفعلي (بالألف طن) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 |
| جمهورية موريتانيا (خام مركز) | 6698 | 6687 | 6872 | 12000 |
| الجمهورية الجزائرية | 1414 | 1536 | 2340 | 1982 |
| المملكة المغربية | 12185 | 16282 | 4601 | 8386 |
| جمهورية مصر العربية | 2028 | 2287 | 3400 | 4500 |
| المملكة العربية السعودية | 690 | 443 | 584 | 642 |
| الجمهورية التونسية | 256 | 206 | 214 | -- |

المصدر: مجلة التعدين والاستثمار، العدد الثالث، يناير 2009م، القاهرة.

وتعتبر جنوب أفريقيا وسيراليون وليبيريا أكثر الدول الأفريقية إنتاجًا للحديد وهو يوجد في صخور الوحدة الأقدم نفسها أو بالقرب من حوافها (شكل 5-2).

## 2- التيتانيوم

وهو فلز قاس جدًا، وأقسى من الألمنيوم باثنتي عشرة مرة، وأقسى من الحديد والنحاس بأربع مرات، ولذلك فهو يدخل في صناعة السبائك المستخدمة في صناعة الطائرات، وكذلك صناعة البويات والزجاج والسيراميك ودباغة الجلود، ويعتبر خام الإلمنيت والروتيل $TiO_2$ من أهم معادن التيتانيوم الاقتصادية. ويوجد الخام على هيئة أجسام عدسية في بعض الصخور النارية القاعدية مثل الجابرو أو الدياباز، كما يوجد في بعض عروق البجماتيت وتوجد رواسب الإلمنيت في مصر بكميات قليلة في منطقة أبو غلقه على ساحل البحر الأحمر جنوب مرسي علم.




شكل 5-2: توزيع خامات الحديد والكروميت والأسبستوس.

### 3- المنجنيز

المنجنيز فلز هش، رمادي اللون، له بريق أحمر، ويشبه الحديد في مظهره العام. وهو أحد الفلزات الهامة والذي يتفوق أهميته كثيرًا الفلزات الأخرى وذلك ليس فقط لأنه أحد مكونات الأنواع الخاصة من الصلب، ولكن لأنه ضروري في جميع أنواع الصلب الكربوني والمستخدم في عمل قضبان السكك الحديدية والخزانات والآلات الثقيلة، ويستخدم حوالي 10 كجم من المنجنيز في إنتاج طن واحد من الصلب، كما يستخدم في صناعة الزجاج.

ويستخلص فلز المنجنيز المستخدم في الصناعة من معدنين لونها أسود من أكاسيد المنجنيز وهما البيرولوزيت ($MnO_2$) والبسيلوميلان $BaMn_9O_{16}(OH)_4$

($MnO_2$)، ومن معادن المنجنيـــز المشهورة معدن الرودونيت ($MnSiO_3$) ذو اللون الأحمر الوردي.

ويوجد رصيد ضخم من رواسب المنجنيز في الدول العربية في المملكة المغربية في منطقة جهات أميني وبو عرفه وتوين، وتنفرد المملكة المغربية من بين الدول العربية في إنتاج المنجنيز حيث وصل إنتاجها سنة 2007 إلى حوالي 25.8 ملايين طن أي ما نسبته 0.12 ٪ من الإنتاج العالمي. كما يوجد خام المنجنيز في الجزائر في منطقة جبل قطار على الحدود المغربية، وفى مصر توجد رواسب المنجنيز في أم بجمة في سيناء وفى جبل علبة على ساحل البحر الأحمر، وفى جنوب السودان وتوجد في الأردن وفى وادي حنانا ووادي عربه ووادي سلاوان، وفى سوريا قرب اللاذقية وفى ليبيا في وادي نعلوت، وفى تونس في خديسات وجبل باطوم، وفى الصومال والعراق وفى المملكة العربية السعودية توجد خامات للمنجنيز بأحجام صغيرة.

وتوجد رواسب ضخمة في عدد من دول العالم، ولكن هناك حقلين شهيرين في العالم وهما حقل نيكوبول في أوكرانيا وحقل بيشاتورى في القوقاز، كما توجد رواسب ضخمة في الهند.

### 4- الكروم

يعتبر الكروم أحد الفلزات الإستراتيجية الهامة لأنه أحد المكونات الأساسية في صناعة الصلب، وخاصة الذي لا يصدأ، والذي يستخدم في صناعة القذائف والخزائن وأدوات القطع وأجزاء السيارات.

ويوجد الكروم في عدد محدود من الخامات أهمها الكروميت $FeCr_2O_4$ الذي يوجد في عدسات أو أجسام عدسية وعروق في الصخور فوق القاعدية والقاعدية، مثل السربنتين والجابرو في منطقة البرّامية وجبل أبو ضهر ووادي عطا الله بجنوب الصحراء الشرقية المصرية ويوجد الكروميت أيضًا في منطقة قلع النحل بمديرية كسلا بالسودان وكذلك في أثيوبيا وتوجد عدسات الكروميت بكميات كبيرة في

منطقة الجبل الأخضر بعمان وفى سوريا والعراق قرب الحدود الإيرانية وجبل إس بالسعودية، كما يوجد بالشارقة وعجمان.

### 5- النيكل

والنيكل فلز أبيض فضي اللون ذو بريق معدني وقد استخدم النيكل في سك العملات المعدنية منذ زمن بعيد، كما يستخدم في صناعة سبائك النحاس والكروم والألمنيوم والرصاص والكوبالت وأهم مصادر النيكل هي الخامات الآتية: البنتلانديت $(FeNi)_9 S_8$ والجارنيريت وهو سيليكات النيكل، والنيكوليت Ni As والميلليريت NiS. ويوجد الجارنيريت الأخضر اللون أساساً على أسطح الصخور القاعدية وفوق القاعدية التي تعرضت لعوامل التجوية، وتعتبر جزيرة نيوكاليدونيا في المحيط الهادي أكبر منتج للنيكل في العالم، وأكبر راسب أولى للنيكل في حقل سودبرى الشهير بأونتاريو بكندا، ويوجد النيكل في البلاد العربية في الجبل الأخضر بعمان وجبل أبو سُوَيِّل في جنوب مصر مصاحبًا للنحاس، وفى السودان والمملكة العربية السعودية.

### 6- الكوبالت

ويستخدم في صناعة السبائك الفلزية ذات الصلابة العالية، والسبائك الحرارية والمغناطيسية، ويستخدم الكوبالت العادي في المفاعل النووي لتحويله إلى كوبالت مشع يستخدم في التصوير بأشعة جاما وتوجد رواسب الكوبالت مع رواسب النحاس بالكونغو وزامبيا، وفى كندا يستخرج الكوبالت من رواسب أو خامات الفضة وفى استراليا ومن رواسب الرصاص والزنك وفى المغرب يستخرج من رواسب الذهب، ويوجد في مصر مصاحبًا للنيكل في منطقة جابرو عَكارم جنوب الصحراء الشرقية.

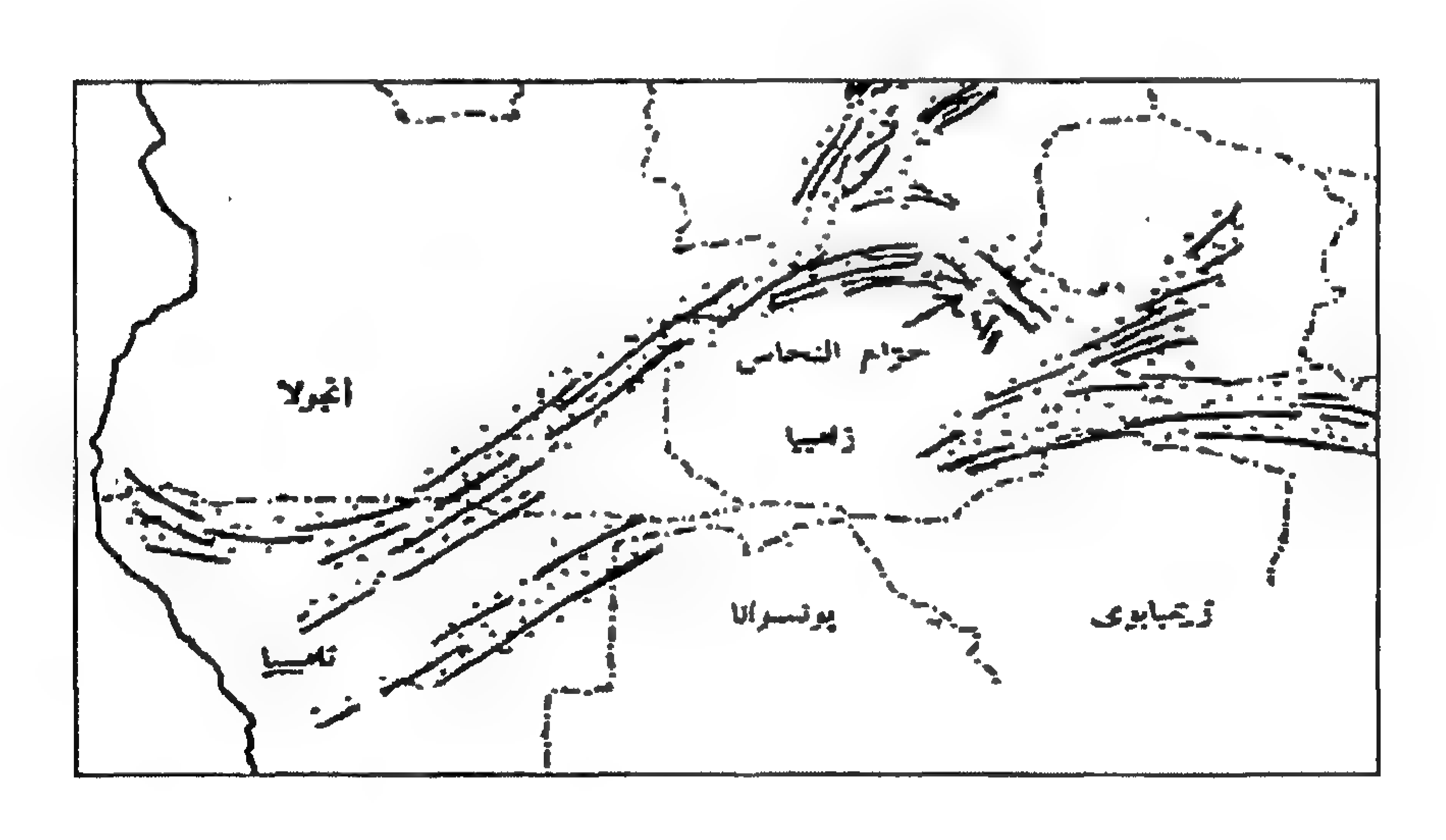
### الفلزات غير الحديدية

تضم هذه المجموعة عددًا هامًا من الفلزات الصناعية مثل النحاس والذهب والفضة والبلاتين والرصاص والزنك والقصدير والألمنيوم.

## 1- النحاس

يشكل النحاس مادة أساسية في الصناعات الحديثة ويعتبر المعدن الثالث بين الفلزات من حيث حجم الإنتاج والاستهلاك العالمي بعد الحديد والألمنيوم.

ويوجد خام النحاس في صور متعددة مثل الكبريتيدات والكبريتات والأكاسيد المائية وغير المائية مثل الكلكوسيت $Cu_2S$ والكالكوبيرت $CuFeS_2$ والملاكيت $Cu_2CO_3(OH)_2$ والكوفيلليت $CuS$، وتحتوى خامات النحاس على نسبة متفاوتة من الذهب والفضة والزنك والرصاص ولهذا فإن قيمة خام النحاس تعتمد على كمية الفلزات المصاحبة له. و يأتي 80 ٪ من الإنتاج العالم للنحاس من ست مناطق هي: جنوب غرب الولايات المتحدة، وآسيا الوسطي، وجزر أم النحاس بوسط أفريقيا (شكل 5-3) ويبلغ متوسط الإنتاج العالمي من النحاس نحو 7.5 مليون طن من فلز النحاس (جدول 5-3).




شكل 5-3 : إقليم النحاس العملاق في زامبيا ووسط أفريقيا.

جدول 5-3: إنتاج للنحاس في بعض الدول. عام 1996م

| م | الدولة | (طن) |
|---|---|---|
| 1 | شيلي | 3,115,800.00 |
| 2 | الولايات المتحدة الأمريكية | 1,920,000.00 |
| 4 | بيرو | 572,402.00 |
| 5 | روسيا | 520,000.00 |
| 6 | أندونيسيا | 507,484.00 |
| 7 | زامبيا | 334,000.00 |
| 8 | جنوب أفريقيا | 152,595,00 |
| 9 | إيران | 107,600.00 |
| 10 | المغرب | 14,300.00 |
| 11 | المملكة العربية السعودية | 900.00 |

ويوجد النحاس بكميات متفاوتة في الوطن العربي، فتوجد كميات محدودة من النحاس في سيناء وجنوب الصحراء الشرقية بمصر كانت تستغل في زمن قدماء المصريين، وفي فلسطين والمملكة العربية السعودية وتوجد رواسب النحاس والنيكل في اليمن جنوب تعز ومنطقة البيضا والسودان والإمارات العربية المتحدة. وتبلغ نسبة إنتاج الدول العربية من النحاس لعام 2007م إلى الإنتاج العالمي حوالي 0.227 ٪ (جدول 5-4).

جدول 5-4: إنتاج البلاد العربية الفعلي من النحاس

| الدولة | الإنتاج الفعلي (بالألف طن) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 |
| المملكة المغربية | 10ر303 | 11ر343 | 17ر811 | 28ر7 |
| الجمهورية الجزائرية | 1ر414 | 1ر525 | -- | 0ر572 |
| المملكة العربية السعودية | 0ر65 | 0ر67 | 0ر98 | 1ر71 |
| سلطنة عمان | 0ر202 | 0ر174 | 0ر185 | 0ر24 |
| المجموع | 12ر569 | 13ر722 | 18ر9.76 | 30ر222 |

المصدر: مجلة التعدين والاستثمار، العدد الثالث، يناير 2009م، القاهرة.

### 2- الرصاص والزنك

على الرغم من اختلاف كيميائية الرصاص والزنك، فإنهما يتواجدان معًا كثيرًا في كثير من البيئات الجيولوجية، وتعتبر الجالينا (PbS) أهم معادن الرصاص والسفاليريت (ZnS) أهم معادن الزنك.

توجد خامات الرصاص في عدسات أو طبقات في الصخور المتحولة في كندا واستراليا وروسيا وزامبيا، وتمثل هذه الرواسب حوالي 30 ٪ من احتياجات العالم من الرصاص، كما توجد رواسب الرصاص بكثرة مع بعض الكبريتيدات الأخرى في الإسكارن (صخر تلامسي التحول)، وتنتج هذه الرواسب 40 ٪ من احتياجات العالم من الرصاص، كما توجد في المكسيك والاتحاد السوفيتي السابق وانجلترا، وحوالي 30 ٪ من احتياجات العالم من الرصاص منتشرة في الصخور الجيرية وتوجد في الجزائر والولايات المتحدة والاتحاد السوفيتي السابق، كما توجد في عدسات وطبقات وجيوب صغيرة مع الصخور النارية الجوفية في بورما والصين وكندا وتغطى حوالي 10 ٪ من احتياجات العالم من الرصاص. يستخدم الرصاص في العديد من الصناعات وذلك لسهولة تشغيله وانخفاض درجة انصهاره ومقاومته للتآكل.

وتعتبر استراليا وكندا والمكسيك من أكبر الدول المنتجة للزنك في العالم، ففي كندا يوجد منجم سوليفان الذي ينتج 98 ٪ من إنتاج كندا للرصاص و75 ٪ من إنتاج كندا من الزنك، ويعد أكبر مناجم العالم للرصاص والزنك بعد منجم كدكريك للرصاص والزنك في استراليا.

وصل إنتاج الدول العربية (المغرب، الجزائر، تونس) من الرصاص عام 2007 إلى حوالي 90 ألف طن أي ما نسبته 2.96 ٪من الإنتاج العالمي الذي يصل إلى حوالي 3 ملايين طن، كما وصل إنتاج المغرب والجزائر وتونس من الزنك عام 2007 إلى حوالي 152 لف طن أي ما نسبته 1.7 ٪ من الإنتاج العالمي الذي يصل إلى حوالي 9 ملايين طن. توجد خامات الرصاص والزنك في الوطن العربي فى المملكة

العربية السعودية في منطقة المصانع (625 كم جنوب جدة) ومنطقة الجنيفية (حوالي 200 كم من الرياض) وجبل ظيلان على الساحل الشمال للبحر الأحمر، وفي جمهورية اليمن توجد رواسب الرصاص والزنك والفضة في الأحجار الجيرية، كما توجد في مصر في جنوب القصير في منطقة أم غيج. كما توجد رواسب للرصاص في زائير (الكونغو) ونيجيريا.

### 3- القصدير

القصدير عبارة عن مادة بيضاء كالفضة أو رمادية ذات بريق أزرق، وهو طرى يمكن ثنيه وإذا سخن يتحول إلى مادة هشة، ويستخدم القصدير أساسًا في أعمال الطلاء الزيتي وفي طلاء الصفيح المستخدم في علب حفظ الأغذية.

يوجد القصدير في عدد محدود من المعادن أهمها من الناحية الاقتصادية معدن الكاسيتيريت $SnO_2$ ومعدن ستانيت $Cu_2FeSnS_4$ ثم معدن تيليت ($PbSnS_2$) والذي يشكل مصدرًا ثانويًا في بوليفيا، ويقدر الإنتاج السنوي من خامات القصدير الأولية بنحو 220 ألف طن، ويأتي 90 ٪ من إنتاج العالم من القصدير من ست دول (جدول 5-5) ثم تأتي كميات قليلة من روسيا والبرازيل ونيجيريا وبريطانيا. والشكل (5-4) يوضح أقاليم القصدير حول المحيط الأطلنطي وشرق استراليا وجنوب شرق آسيا.



شكل 5-4: توزيع القصدير حول المحيط الأطلنطي

جدول 5-5: توزيع الإنتاج العالمي من القصدير.

| الدولة | نسبة الإنتاج |
|---|---|
| ماليزيا | ٪22 |
| بوليفيا | ٪15 |
| الصين | ٪11 |
| اندونيسيا | ٪12 |
| تايلاند | ٪12 |
| استراليا | ٪ 6 |

ويوجد الكاسيتيريت في صورتين: إما منبثًا في الصخور أوعلي هيئة عروق، والهيئة المنبثة شائعة في الدرع العربي النوبي في مصر في حوالي 13 منطقة أشهرها منطقة عجلة غرب مرسي علم، كما توجد في المملكة العربية السعودية وفى الجزائر في منطقة بني بلعيد وفى الصومال توجد عروق حاملة لمعدن الكاسيتيريت.

### 4- الألمنيوم

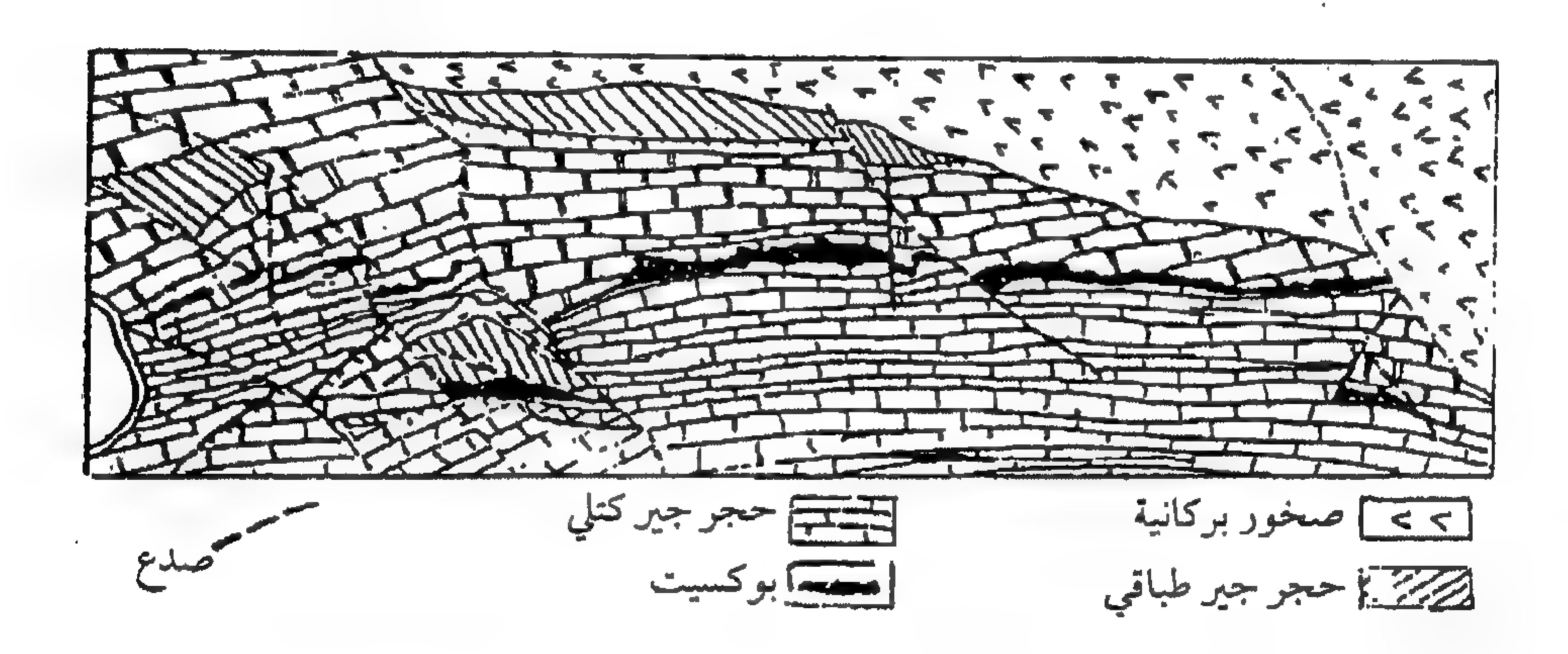
بالرغم من وجود الألمنيوم في الصلصال والتربة وكثير من صخور السيليكات فإن 90 ٪ من إمداد العالم من هذا الفلز يأتي من معدن البوكسيت وهو مادة صخرية تتكون من خليط من هيدروكسيدات الألمنيوم مثل الجبسيت $Al(OH)_3$ والدياسبور $AlO(OH)$ وتلزم أربعة أطنان من الخام (البوكسيت) لإنتاج طن واحد من الألمنيوم.

وكانت جزيرة جاميكا المورد الرئيسي للبوكسيت قبل عام 1970، أما الآن فيصل إنتاج العالم من البوكسيت إلى نحو 84.5 ٪ مليون طن سنويًا موزعة على النحو التالي (جدول 5-6).

جدول 5-6: توزيع الإنتاج العلمي للبوكسيت.

| الدولة | نسبة الإنتاج |
|---|---|
| استراليا | ٪31 |
| جاميكا | ٪14 |
| غينيا | ٪15 |
| سورينام | ٪ 7 |
| بقية الدول | ٪ 33 |

وتوجد رواسب هامة من البوكسيت في جبال الأورال (شكل 5-5)، كما توجد في بعض الدول العربية مثل المملكة العربية السعودية في منطقة الزبيره على مسافة 400 كم إلى الشمال الغربي من الرياض ويقدر احتياطي الخام في هذه المنطقة بنحو 94 مليون طن وتوجد رواسب البوكسيت أيضًا في حضرموت في جمهورية اليمن وفى الصومال.




شكل 5-5: جيوب وعدسات وطبقات من رواسب البوكسيت في جبال الأورال.

**الذهب في العالم**

يرتبط تاريخ الذهب بتاريخ الحضارة البشرية، وربما كان الذهب أول العناصر الفلزية التي استخدمها الإنسان منذ آلاف السنين، وكانت مصر أغنى دولة بالذهب في العالم القديم، ويدل على ذلك العديد من الحلي والمصنوعات الذهبية التي عثر

عليها في مقابر قدماء المصريين. وقد استخرج قدماء المصريين الذهب من عشرات المناجم في الصحراء الشرقية والتي لا تزال آثارهم واضحة حول هذه المناجم من أطلال المدن وورش العمل والمعابد في معظم المواقع.

ويقدر العلماء الكمية المستخرجة من الأرض في تاريخ البشرية بنحو ثمانين ألف طن من الذهب الخالص، كما يقدر محتوى القشرة الأرضية من الذهب بنحو مائة ألف مليون طن. وكان الذهب منذ العصور القديمة، ولا يزال، بمثابة رصيد مخزون للثروة، ومن أجله احتدمت الحروب والصراعات المجنونة، مثل حمى الذهب الكبرى عام 1849م في كاليفورنيا غرب الولايات المتحدة الأمريكية.

جدول 5-7: إنتاج الذهب عام 1996م.

| م | الدولة | (كيلوجرام) |
|---|---|---|
| 1 | جنوب أفريقيا | 497,583 |
| 2 | الولايات المتحدة الأمريكية | 318,000 |
| 3 | أستراليا | 289,000 |
| 4 | كندا | 164,136 |
| 5 | الصين | 145,000 |
| 6 | روسيا | 120,000 |
| 7 | إندونيسيا | 65,000 |
| 8 | كولومبيا | 22,064 |
| 9 | المكسيك | 22,000 |
| 10 | الفلبين | 20,000 |
| 11 | المملكة العربية السعودية | 8,200 |
| 12 | السودان | 3,700 |
| 13 | إيران | 650 |

ويصل متوسط إنتاج العالم من الذهب منذ الربع الأخير من القرن العشرين وحتى الآن حوالي أربعين مليون أوقية تروى Troy ounces (الأوقية الواحدة بنظام تروى تساوى 31.103 جرامًا) موزعة على النحو التالي (جدول 5-7).

ومن المتوقع أن تدخل مصر والمملكة العربية السعودية مضمار سوق الذهب العالمي قريبًا بنسبة عالية بعد البدء في استغلال رواسب الذهب في منطقة السكري جنوب شرق الصحراء الشرقية المصرية، ومنطقة مهد الذهب التي تقع على بعد نحو 280 كيلومترًا إلى الشمال الشرقي من جده.

ويوجد الذهب في عروق المرو، وخاصة الرمادية اللون أو السوداء والتي تعرف باسم موريون Morion كما يوجد في رواسب الوديان من رمال وحصى وزلط ويعرف برواقد الذهب.

وتوجد مقاطعات عملاقة للذهب في معظم القارات، ومن أشهرها مقاطعة وتواترزراند Witwatersrand في جنوب أفريقيا. وفى أمريكا الشمالية يوجد حزام الذهب العملاق ضمن صخور الدرع الكندي لما قبل الكمبري. كما يوجد حزام آخر في منطقة ساحل المحيط الهادي والذي يمتد من كاليفورنيا حتى ألاسكا، ويضم هذا الحزام عرق الذهب العملاق والمعروف بالعرق الأم ثم حزام جبال الروكي. وفى أمريكا الجنوبية توجد رواسب الذهب في عروق ومنبثة في جبال الأنديز. وفى استراليا يوجد العديد من عروق الذهب ورواسب الوديان. وتوجد رواسب الذهب في بعض المواقع في أوروبا في الدول الاسكندينافية وفى وسط وجنوب أوروبا وفى جبال الأورال. وفي آسيا في سيبيريا واليابان والفلبين والهند والصين وبورما، وتعتبر منطقة كولار في الهند واحدة من أكبر حقول الذهب في العالم.

**الذهب في الوطن العربي**

بلغت نسبة إنتاج الدول العربية من الذهب عام 2007 إلى الإنتاج العالمي حوالي 0.6 ٪. ويوضح جدول (5-5) إنتاج البلاد العربية المختلفة في الأعوام من 2004 وحتي 2007م.

جدول 5-8: إنتاج البلاد العربية من الذهب

| الدولة | الإنتاج الفعلي بالألف طن | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 |
| المملكة العربية السعودية | 8ر27 | 7ر46 | 5ر18 | 4ر44 |
| الجمهورية الجزائرية | 0ر6 | 0ر46 | 0ر38 | 0ر236 |
| جمهورية السودان | 4ر3 | 5 | 3ر2 | 4ر8 |
| سلطنة عمان | 0ر19 | 0ر35 | -- | 5 |
| المملكة المغربية | 1ر3 | 1ر8 | 1ر8 | 0ر8 |
| المجموع | 13ر36 | 13ر45 | 13ر45 | 16ر276 |

المصدر: مجلة التعدين والاستشار، العدد الثالث، يناير 2009م، القاهرة.

من المعروف أن قدماء المصريين هم أول من استخرج الذهب في القارة الأفريقية بل والعالم أجمع، وقد استغلت مناجم الذهب الفرعونية في الصحراء الشرقية بمصر منذ العهد الفرعوني وحتى العصر الحديث. وفى كتاب «الجوهرتان العتيقتان» ذكر الهمدانى، المؤرخ والجغرافي اليمنى الشهير (280- 360هـ/ 893-971 م) العديد من مناجم جزيرة العرب ومصر والسودان - تحت اسم «باب معادن جزيرة العرب» أي مناجم جزيرة العرب، حيث كان المنجم يسمى معدنا في ذلك الوقت. وقد أفاض الهمدانى في وصف مناجم الذهب والفضة في اليمن ونجد والحجاز واليمامة، ومناجم النوبة والحبشة والعلاقي جنوب أسوان، ومناجم قفط والأقصر وأرمنت وأسوان من بلد البجة (النوبة) وعَيذاب وسواكن...إلخ.

وتمثل صخور الدرع العربي النوبي غربي المملكة العربية السعودية والجمهورية اليمنية والسودان مقاطعة تمعدن ذهب عملاقة، وقد أثبت علماء المملكة العربية السعودية وجود رواسب الذهب بكميات اقتصادية في المناطق التالية: منطقة مهد الذهب، منطقة جبل قيعان، منطقة الصخيبرات، منطقة الأمار ومنطقة جبال الحجاز.

وفى منطقة مهد الذهب وحدها يوجد نحو مليون طن من المرو (الكوارتز) الحامل للذهب والفضة مع بعض التلوريدات والسفاليريت والبيريت والكلكوبيريت والجالينا...إلخ، ويحتوى هذا الخام على نحو 30 جرام ذهب في الطن، 129 جرام فضـة، 0.8 ٪ نحاس، 2.5 ٪ زنك في الطن الواحد. ودلت الدراسة على إمكان استخراج كمية من الخام في اليوم تعطي 2.9 طن من الذهب في العام ولمدة عشر سنوات، والمؤشرات الجيولوجية في المنطقة تبشر باحتمالات كبيرة لزيادة الاحتياطي مما يجعل من المملكة العربية السعودية دولة كبيرة في إنتاج الذهب، هذا بالإضافة إلى احتياطات الذهب في بقية المواقع الآنفة الذكر في السعودية والتي يصل تركيز الذهب فيها إلى أكثر من ثمانية جرامات فى الطن الواحد، وهى نسبة عالية بالمقياس العالمي، وفى الجمهورية اليمنية توجد بعض رواسب الذهب في شمال مدينة صعدة (وادي مروان)، وجبل المعادن.

وتعد معدنة الذهب في السودان بمثابة الامتداد الجنوبي الغربي لإقليم الذهب في الدرع العربي النوبي (مصر والسعودية والسودان واليمن). وتوجد في الصحراء الشرقية والمنطقة الجنوبية الشرقية ومنطقة شرق النيل (بين مدينتي وادي حلفا ودنقلة) وجبال النوبة والفونج (مناطق الروصيرص والكرمك قرب الحدود الأثيوبية) ويوجد بالمنطقة الاستوائية وبحر الغزال عشرات المناجم الكبيرة من الذهب سواء في الصخور أو في رواسب الوديان، وقد بدأ استغلال العديد من هذه المناجم منذ العصر الفرعوني وكانت حصيلة هذا الذهب تذهب إلى عاصمة مملكة كوش ومملكة مروى وإلى طيبة (الأقصر) في مصر.

وقامت السودان منذ فترة بإجراء الدراسات الخاصة باستغلال الذهب في هذه المناطق وبخاصة في منجم جبيت، منجم جارابين، منجم أويو، منجم أم نباردى، منجم بركاتيب، منجم الدويشات، ومنجم رواسب الوديان في الونج، ومناجم المنطقة الاستوائية، وغيرها. وتنتج السودان كميات اقتصادية من الذهب منذ ثمانية أعوام.

توجد الفضة في الصورة الفلزية على هيئة سبيكة من الذهب أو الزئبق كما توجد في عدد كبير من المعادن الكبريتيدية، ويعتبر معدن الأرجنتيت ($Ag_2S$) أهم معادن الفضة من الناحية الاقتصادية ويوجد هذا المعدن في رواسب الفضة في المكسيك وبيرو وشيلي وبوليفيا وألمانيا وغيرها. ويأتي أكثر من نصف إنتاج العالم من الفضة كناتج ثانوي من خامات النحاس والرصاص والذهب والزنك وغيرها.

وقد توارى إنتاج الفضة مع الذهب منذ العصور القديمة إلى أن اكتشفت أمريكا الجنوبية عام 1492 م فأخذ الأسبان مئات الأطنان من الفضة من قبائل الانكاس والأزتك Incas & Aztecs في بيرو وبوليفيا والمكسيك ونقلوها إلى أوروبا، واستمر هذا الحال خلال الفترة من سنة 1520 حتى 1620 ووصل إلى مداه في سنة 1800م، جدول (5-9).

جدول 5-9: توزيع الإنتاج العالمي للفضة.

| الدولة | نسبة الإنتاج |
|---|---|
| روسيا | ٪ 13.8 |
| كندا | ٪ 13.5 |
| المكسيك | ٪ 13.5 |
| بيرو | ٪ 13.0 |
| الولايات المتحدة | ٪ 13.0 |
| استراليا | ٪.10 |

ويأتي معظم الإنتاج العالمي من الفضة من أمريكا الشمالية حيث توجد رواسب الفضة مصاحبة للصخور النارية من الزمن الثلاثي Tertiary، وهناك حزام عملاق للفضة يمتد من ولايتي يوتا ونيفادا مارًا بالمكسيك وحتى هندوراس، ويضم هذا الحزام عشرات المناجم المشهورة، بالإضافة إلى حزام أصغر يحتوى على الفضة والرصاص يوجد في كولورادو بالولايات المتحدة وغيرها، وهناك حزام

فضة مشهور مرتبط بجبال الأنديز في أمريكا الجنوبية ويشمل بيرو وبوليفيا وشيلي والأرجنتين والمكسيك، وكان لهذا الحزام دور كبير في إمداد العالم بالفضة منذ زمن بعيد وحتى اليوم.

وفى المملكة العربية السعودية دلّت الدراسات التي أجرتها وزارة البترول والثروة المعدنية على وجود العديد من المناجم القديمة التي كان يستخرج منها الفضة [جاء ذكر بعض هذه المناجم في كتاب الهمدانى الذي سبق ذكره، مثل منجم (معدن) النقرة وغيره]، وتقع منطقة النقرة على بعد 230 كم شمال شرقي المدينة المنورة وتوجد فيها عدسات ممعدنة تحمل معادن البيريت والكلكوبيريت والجالينا والسفاليريت كما توجد في صخور بركانية مثل الريوليت والتوفا والصوان والرخام الدولوميتي تابعة لعصر ما قبل الكمبري، وقدرت احتياطات الخام بالمنطقة بنحو 610000 طن تحتوى على 347 جرام/ طن فضة، 8.7 جرام/ طن ذهب، بالإضافة إلى 1.5 ٪ نحاس، 11 ٪ زنك، 4.8 ٪ رصاص، بالإضافة إلى نحو 300 ألف طن من الخامات في منطقة منجم السمرا تحتوى على 460 جرام فضة في الطن مع 5 ٪ زنك.

وفى كثير من البلاد العربية التي توجد بها خامات الزنك والرصاص والنحاس، تحتوى هذه الخامات على قدر يسير من الفضة كما هو الحال في المغرب، والسودان، والجزائر وتونس.

**البلاتيـن**

أخذ البلاتين اسمه من كلمة بلاتينا Platena وهو اسم الفضة في اللغة الأسبانية - فقد حسبه الأسبان فضة حينما رأوه لأول مرة في كولومبيا بأمريكا الجنوبية، وذلك لأنه يشبه الفضة في مظهره العام.

وللبلاتين خمسة أشقاء يشبهونه في خواصه الكيميائية وهم: الأوزميوم، الايريديوم، الروديوم، الروثينيوم، والبلاديوم، والبلاتين هو أشهر هذه المجموعة وأكثرها انتشاراً في الطبيعة. ويستخدم البلاتين في الصناعة كعامل وسيط في إنتاج

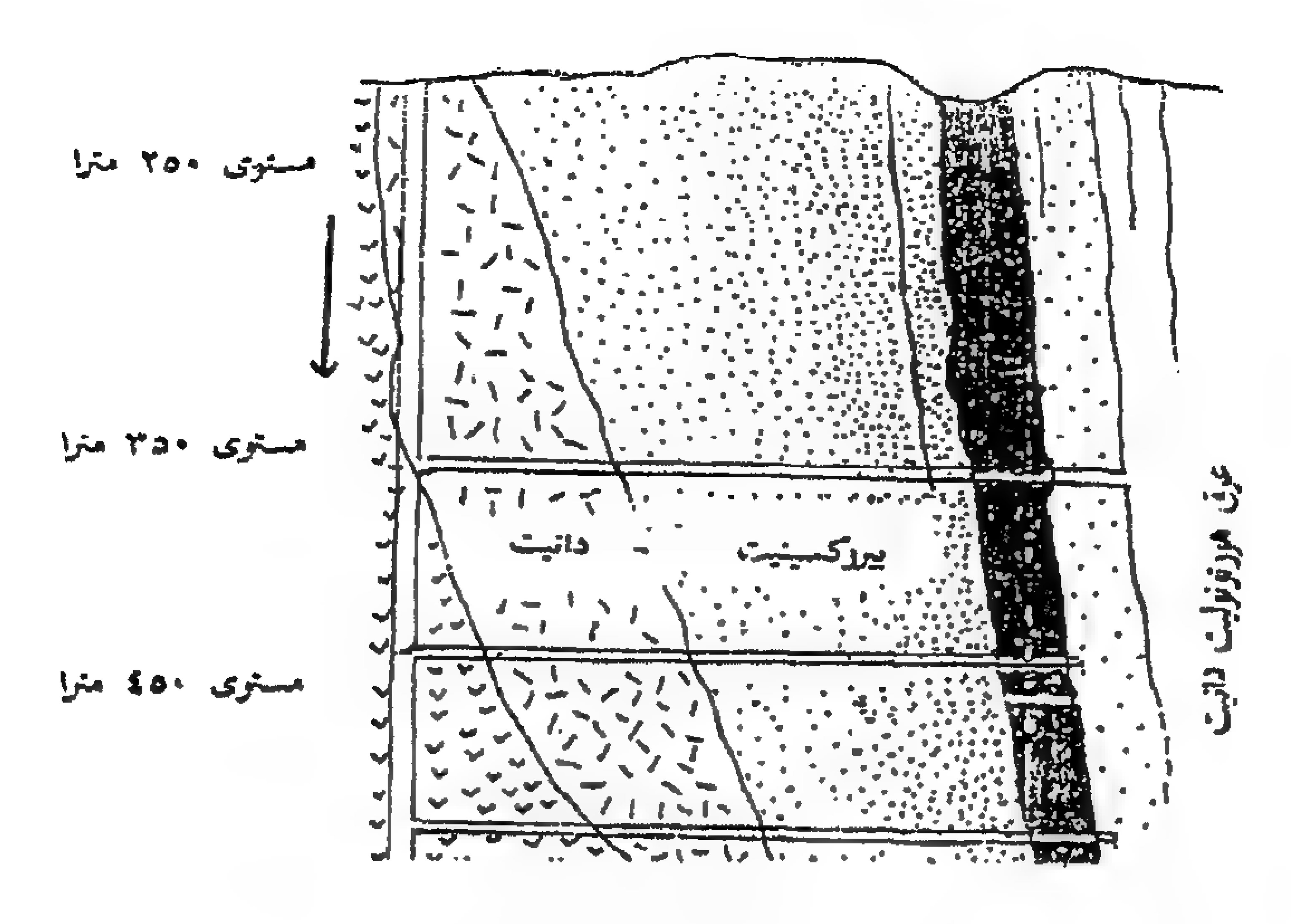
الأحماض، وفى صناعة الحلي والأسنان وأدوات الجراحة والساعات غير القابلة للمغنطة وفى بعض الأدوات المعملية، وفى صناعة السبائك شديدة الصلابة، وعلى الرغم من أن البلاتين هو أحد المعادن النفيسة فإن الجزء الأكبر منه يستخدم في الأغراض الصناعية. ويبلغ الإنتاج العالمي السنوي من البلاتين نحو ستة ملايين أوقية موزعة على النحو التالي (جدول 5-10).

جدول 5-10 : توزيع الإنتاج العلمي من البلاتين.

| الدولة | نسبة الإنتاج |
|---|---|
| روسيا | ٪45 |
| جنوب أفريقيا | ٪45 |
| كنـدا | ٪07 |
| الولايات المتحدة الأمريكية | أقل من 1 ٪ |

ويوجد البلاتين في الطبيعة أساسًا في الصورة الفطرية مع بعض معادن الكبريتيدات مثل معدن سبيريليت ($PtAs_2$)، ثم معدن براجيت ($PtS$)، كما يوجد البلاتين عادة في الصخور النارية فوق القاعدية والقاعدية. ويصاحب عادة الكروميت ومعادن كبريتيدات النيكل.

وتعتبر كتلة سودبرى في أونتاريو بكندا المصدر الرئيسي للبلاتين في كندا وفيها يوجد البلاتين مخلوطاً بخامات النحاس والنيكل الكبريتيدية الكتلية كما وتوجد رواسب البلاتين في جبال الأورال بروسيا وبخاصة في رواسب الوديان بالإضافة إلى بعض البلاتين الأولى من الصخور فوق القاعدية. ويوجد البلاتين في جنوب أفريقيا في صخور نارية فوق قاعدية في منطقة بوشفيلد بالترنسفال على هيئة عروق أو حبيبات منتشرة في الصخور المصاحبة للكروميت، كما توجد مجموعة البلاتين في أجسام شريطية رقيقة انفصلت من الماجما تحت تأثير الجاذبية، وتوجد هذه الشرائط في صخور الدونيت التي يحيط بها نطاق من صخور البيروكسينيت الذي يتدرج إلى الخارج إلى النوريت (شكل 5-6).




شكل 5-6: قطاع رأسي يبين أحد شرائط البلاتين في بوشفيلد في جنوب أفريقيا.

### رواسب البلاتين في الوطن العربي

وفى الوطن العربي يحتمل تواجد كميات محدودة من البلاتين في الصخور النارية القاعدية وفوق القاعدية في الجبل الأخضر بعمان، وفى الصخور النارية فوق القاعدية في صخور الدرع العربي النوبي في مصر والسودان والسعودية والصومال واليمن وأثيوبيا والصخور المشابهة في بقية أرجاء الوطن العربي شرقًا وغربًا.

### المعادن المشعة

يرمز النشاط الإشعاعي إلى التفكك الذاتي لذرات عناصر معينة مثل اليورانيوم والراديوم والثوريوم إلى عناصر أبسط منها مع انبعاث نوع أو أكثر من ثلاثة أنواع من الإشعاعات هي أشعة ألفا وبيتا وجاما.

### اليورانيوم:

تعتبر رواسب اليورانيوم هي المصدر الرئيسي للمواد المشعة، وقد اكتشف اليورانيوم عام 1789 وقد اشتق اسمه من اسم كوكب يورانس.

تتكون رواسب اليورانيوم من مخلوط من ثلاثة نظائر لليورانيوم هي اليورانيوم (238) واليورانيوم (234) واليورانيوم (235)، والأرقام بين القوسين هي الأوزان الذرية لتلك النظائر. ونتيجة للتحليل الإشعاعي يتحلل اليورانيوم ($_{238}U$) واليورانيوم ($_{235}U$) من خلال سلسلة تفتت إشعاعي إلى نظيرين للرصاص هما الرصاص (206) والرصاص (207) وتنطلق طاقة حرارية أثناء تفتت اليورانيوم وهى التي تعرف باسم الطاقة النووية.

ويرتبط اليورانيوم بالصخور الحمضية كالجرانيت، ولا يوجد اليورانيوم في الصورة المنفردة Native بل يوجد في العديد من المعادن أهمها معدن اليورانينيت ($UO_2$).

ويتبلور اليورانينيت في نظام المكعبي وتكون بلوراته في هيئة ثماني الأوجه، ولكنها نادرة الوجود على هذه الصورة، وعادة يوجد المعدن في صورة كتلية أو عنقودية أو كلوية الشكل تعرف باسم بيتشبلند وقد توجد أكاسيد اليورانيوم في صورة سناج أسود يطلق عليه أسود اليورانيوم، وأهم رواسب اليورانيوم توجد في أفريقيا والولايات المتحدة وروسيا وكندا واستراليا. وقد أثبتت الدراسات وجود أكبر مخزون يورانيوم في العالم كله بإقليم دارفور بجنوب السودان، ويتميز خام اليورانيوم الموجود في السودان بأنه من النوع العالي النقاوة.

ويحتوى الفوسفات في بعض المناطق مثل أبو طرطور في مصر على نسبة ضئيلة من المواد المشعة والعناصر الأرضية النادرة REE، هذا بالإضافة إلى بعض شواهد اليورانيوم في الصخور النارية وعروق البجماتيت وغيرها، وتوجد في الصومال رواسب يورانيوم وفاناديوم في الصخور الرسوبية بمحافظة مودغ (500 طن من أكسيد اليورانيوم).

## *الخامات المستخدمة في الصناعات الكيميائية*

### 1- الفوسفات

بالرغم من أن الفسفور من العناصر الشحيحة فإنه يكون أحيانًا -وتحت ظروف معينة- رواسب معدنية كبيرة جداً، مثل رواسب الفوسفات في هضبة أبي طرطور في الصحراء الغربية بمصر والتي تقدر بنحو 1000 مليون طنا، وقد يرد ذلك إلى طبيعة الفسفور ودورته في الطبيعة ، فأكثر من 90 ٪ من الفسفور في القشرة الأرضية يوجد في الصخور النارية في معدن الأباتيت $(CaF)Ca_4(PO_4)_3$ ، وعند تجوية هذه الصخور ينتقل الفسفور منها ليصل إلى التربة الزراعية فأجسام النباتات وأخيرًا أجسام الحيوانات، وبعد موت هذه الكائنات الحية يعود الفسفور ثانية إلى التربة أي إلى الصخور الرسوبية، وإذا تحولت هذه الصخور وانصهرت في باطن الأرض لتكون الصخور النارية بعد ذلك فإن الفسفور يتبلور في تلك الصخور عل هيئة معدن الأباتيت.

ورواسب الفوسفات عبارة عن طبقات أو عدسات أو عُقد فوسفاتية، توجد في الصخور الرسوبية البحرية، وتتكون هذه الرواسب من بقايا هياكل وعظام الحيوانات البحرية مع بعض المواد الطينية والجيرية والسيليسية وبعض المعادن الحاملة للفسفور، وتلتحم حبيبات الفوسفات عادة بمواد لاحمة جيرية أو سيليسية، وتتفاوت ألوان الفوسفات حسب لون المادة اللاحمة ومكوناتها. وتؤثر المادة اللاحمة على طبيعة ولون الفوسفات، فيكون صلبًا يميل لونه إلى الأسود إذا كانت المادة سيليسية، ويكون هشًا أبيض اللون إذا كانت المادة اللاحمة جيرية. وكثير من رواسب الفوسفات لها تركيب بطروخي Oolitic أي مكون من كرات دقيقة الحجم، ويعزى هذا التركيب إلى طبيعة المياه التي ترسبت فيها خامات الفوسفات، كما يوجد الفسفور في رواسب الجوانو والتي تتكون من فضلات الطيور البحرية، وتوجد في بعض جزر المحيط الهادي، كما توجد في قيعان البحار والمحيطات رواسب وعقد فوسفاتية قد

تغطي آلاف الكيلومترات المربعة، وربما تكونت هذه الرواسب بمساعدة النافثات البركانية.

توجد رواسب الفوسفات بكميات هائلة في معظم أرجاء الوطن العربي، في المغرب وموريتانيا والجزائر وتونس وليبيا ومصر والأردن وفلسطين وسوريا ولبنان والسعودية واليمن. وتوجد رواسب الجوانو في جزيرتي قرنين وأرزنه في دولة الإمارات العربية المتحدة هذا بالإضافة إلى وجود الفوسفات في بعض الصخور بنسبة ضئيلة في دولة الإمارات العربية. ويوجد الجوانو في جزيرة ميت على بعد 12 كم من الشاطئ عند رأس جمبيص في الصومال، حيث يستغله الأهالي منذ فترة طويلة. وصل إنتاج الدول العربية من الفوسفات إلى حوالي 50 مليون طن سنة 2007 أي حوالي اكثر من 34 ٪ من الإنتاج العالمي (جدول 5-11)

جدول 5-11: الإنتاج العربي للفوسفات

| الدولة | الإنتاج الفعلي بالألف طن | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 |
| المملكة المغربية | 25369 | 27254 | 27386 | 27834 |
| الجمهورية التونسية | 8051 | 8220 | 7801 | 7800 |
| المملكة الأردنية الهاشمية | 6188 | 6375 | 5805 | 5545 |
| الجمهورية السورية | 2882 | 3439 | 3684 | 4905 |
| جمهورية مصر العربية | 3350 | 3269 | 3000 | 2730 |
| الجمهورية الجزائرية | 784 | 878 | 1510 | 1800 |
| جمهورية العراق | غير معلوم | | 3 | غير معلوم |
| المجموع | 46624 | 49435 | 49186 | 50614 |

المصدر: مجلة التعدين والاستثمار، العدد الثالث، يناير 2009م، القاهرة.

### 2- الكبريت

يعد الكبريت واحدًا من أهم المعادن الكيميائية، وأكثر المعادن الفطرية انتشارًا

في الطبيعة. ويدخل الكبريت في تكوين عدد كبير من معادن الكبريتيدات والكبريتات، بالإضافة إلى الصورة الفطرية أو الطليقة والتي تمثل المصدر الاقتصادي الرئيسي للكبريت. أما البيريت ($FeS_2$) فهو المعدن الوحيد الذي يستخلص منه الكبريت. ويأتي جزء من احتياجات العالم من الكبريت من الغازات الكبريتية المتصاعدة من النفط الكبريتي والغاز الطبيعي.

وتوجد رواسب ضخمة من الكبريت الطليق حول فوهات البراكين والنافثات البركانية في اليابان والمكسيك وشيلي وإيطاليا، كما يوجد الكبريت في صخور الغطاء لقباب الملح في كثير من مناطق العالم وبخاصة في المناطق البترولية كما هو الحال في دول الخليج العربي وسواحل البحر الأحمر وخليج السويس وغيرها، كما يوجد الكبريت في الصخور الرسوبية على هيئة طبقات أو عدسات. ويوجد البيريت ذو الأصل البركاني الرسوبي أي البكتيري في عدد من الدول أهمها أسبانيا (منطقة ريو تنتو) والبرتغال وقبرص والنرويج وجبال الأورال بروسيا وكندا وغيرها.

وتوجد رواسب ضخمة من الكبريت الطليق في بعض الدول العربية، وأكبرها توجد في العراق قرب مدينة الموصل مثل حقل المشراق الذي تقدر احتياطاته حوالي 245 مليون طنا، ثم حقل الفتحة وتقدر احتياطاته بنحو 40 مليون طن. كما توجد رواسب الكبريت في الصخور الرسوبية على ساحل البحر الأحمر وخليج السويس. وعادة تتركز هذه الرواسب في الصخور الرسوبية الحاملة للبترول أو الغنية بالمواد القطرانية. وتوجد رواسب الكبريت الطليق في رواسب الجبس والأنهيدريت في معظم أرجاء الوطن العربي، وقد تكوّن الكبريت بتحلل الكبريتات في البيئة المختزلة بمساعدة بكتيريا الكبريت أو بمساعدة مركبات الهيدروكربون، حيث يتكون الكبريت الطليق بتأثير غاز الميثان المنبعث من حقول البترول والغاز على الجبس والأنهيدريت طبقًا للمعادلة التالية:

$$CaSO_4 + CH_4 \rightarrow CaCO_3 + H_2O + S$$

أنهيدريت    ميثان    كلسيت    ماء    كبريت

وربما تكون الكبريت الطليق الموجود عي هيئة عدسات وجيوب في حجر الجير القطراني في معظم أنحاء العالم بما فيها الوطن العربي، بهذا التفاعل ويؤيد ذلك أن الكبريت الطليق في تلك الصخور يكون عادة مخلوطاً بالكلسيت.

وتوجد رواسب البيريت البركانية الأصل في عدد من الدول العربية أهمها رواسب البيريت في المغرب والجزائر. وهناك كميات كبيرة من الكبريت في صخور الطباشيري الأعلى في الكويت، والتي تعد بمثابة احتياطًا مستقبليًا هامًا للكبريت.

وتوجد رواسب الكبريت الطليق في المناطق البركانية القريبة من ينابيع المياه الحارة للعصر الرباعي في الجمهورية اليمنية مثل حمام على (يوجد في اليمن أكثر من حمام أو عين ماء حارة بهذا الاسم) وجبل الليسى في ذمار التي تبعد نحو 90 كم جنوب صنعاء.

وصل إنتاج الدول العربية (العراق، السعودية، الإمارات، الكويت، المغرب) من الكبريت إلى حوالي 5 ملايين طن سنة 2007 أي 8.4 ٪ من الإنتاج العالمي.

### 3- الملح الصخري

يطلق على كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) الموجود على هيئة معدنية في الطبيعة اسم الملح الصخري أو الهاليت، وقد أسماه الكيميائيون العرب قديماً بالملح الحلو (وكان السكر يعرف بالملح الهندي). ويتكون الهاليت أساسًا بتبخر ماء البحر تحت ظروف جيولوجية ومناخية مناسبة، وتنتشر رواسب الملح الصخري في معظم بقاع العالم، وتعد الصين وروسيا وألمانيا وانجلترا من أكثر الدول المنتجة لملح الطعام، ويقدر الإنتاج العالمي من الهاليت بنحو 184 مليون طنًا في السنة.

وفى الوطن العربي توجد رواسب ضخمة من ملح الطعام، وهى إما سطحية أو تحت سطحية، وتتفاوت أعمارها الجيولوجية من العصر البرمي إلى العصر الحديث، بالإضافة إلى الملح الذي يستخرج من الملاحات المنتشرة على شواطئ البحار، مثل شواطئ البحر الأحمر والبحر الأبيض المتوسط والخليج العربي وفى مناطق البترول العراقية وحول البحر الميت وفى دول شمال غرب أفريقيا والصحراء.

وتعتبر منطقة الصليف (شمال الحديّدة) أهم منطقة لتواجد الهاليت في اليمن حيث توجد رواسب الهاليت في المنطقة الساحلية بين جيزان والفرسان في المملكة العربية السعودية بالإضافة إلى رواسب أخرى في منطقة الخليج والربع الخالي، كما يوجد الملح الصخري في منطقتين بالأردن هما منطقة الأزرق شرقي عمان ثم منطقة اللسان على الشاطئ الشرقي للبحر الميت وفى الكويت على أعماق بعيدة (3 كم) في منطقة حقول البرقان.

ويستخرج الملح من ملاحات بحرية في تونس في مناطق مجرين، ساحل سوس، سيدي سالم (ساحل صفاقص). ويستخرج الملح من عدد من الملاحات على ساحل البحر الأحمر في السودان أهمها ملاحة بورسودان. ويستخرج الملح من ثلاث ملاحات في سوريا هي بحيرة جبول والمنخفض القريب من تدمر ثم جبرود. وتعتبر ملاحة جبول أكبرها، وتقع على بعد 65 كم إلى الجنوب الشرقي من حلب. كما يوجد الملح الصخري في شمال شرق سوريا قرب الحدود العراقية (شمال شرق دير الزور) وتوجد هذه الرواسب تحت السطح وقد عثر عليها أثناء الحفر عن البترول. وتوجد امتدادات لهذه الرواسب في العراق في منطقة أم الدهيبان، هذا بالإضافة إلى إنتاج العراق لكميات كبيرة من الملح من الملاحات التبخيرية في الخليج العربي وداخل البلاد.

وتستخرج الصومال ملح الطعام من ملاحات بحرية قرب زيلغ وتنتشر الرواسب الملحية في ليبيا على طول ساحل البحر الأبيض المتوسط وداخل البلاد، وأهمها منطقة شمال برقة قرب بنغازي وعلى طول ساحل خليج سرت، وفى طرابلس على طول الساحل...إلخ، بالإضافة إلى النطرون (كربونات الصوديوم) التي توجد في مناطق متعددة في فزان وبحيرات التمساح طرون والوادي الكبير ووادي الناموس وغيرها. وفى مصر يستخرج الملح من ملاحات طبيعية وأخرى صناعية على طول ساحل البحر الأبيض المتوسط من بورسعيد وحتى مطروح، كما يوجد النطرون في وادي النطرون غرب الدلتا بمصر.

وفى المملكة المغربية يستخرج الملح الصخري من رواسب العصر البرمي والترياسى بمنطقة الريف جهة تبسة، كما يوجد الهاليت مع الجبس في مناطق الأطلس الأوسط، كما توجد هذه الرواسب في المناطق الأطلسية شرقي مراكش بالإضافة إلى رواسب السبخات والعديد من الملاحات البحرية المنتشرة في المملكة. وهناك مصدران لملح الطعام في موريتانيا هما سبخة الجل على مسافة 35 كم شمال غربي فديرك ثم السبخات الواقعة على ساحل الأطلنطي وبخاصة جنوبي نواكشوط.

وقد اشتهرت فلسطين بإنتاج ملح الطعام منذ العصور القديمة على شاطئ البحر الميت، وأهم تواجد للملح الصخري بفلسطين جهة جبل سدوم وعامورة في الطرف الجنوب الغربي للبحر الميت، ويوجد الملح في طبقة رسوبية يرجع عمرها إلى الميوسين أو الأوليجوسين، كما يستخرج الملح من بعض الملاحات على البحر الميت وخليج العقبة والبحر الأبيض المتوسط.

**4- البوتاس**

تنفرد الأردن من بين الدول العربية في إنتاج البوتاس حيث وصل إنتاجها سنة 2007 إلى حوالي مليوني طن أي 4 ٪ من الإنتاج العالمي.

***الخامات الصناعية***

**1- الأسبستوس او الحرير الصخري**

الأسبستوس اسم تجارى لمجموعة معادن سيليكاتية ليفية تتكون من ألياف حريرية ناعمة طرية يمكن غزلها في خيوط ونسجها على هيئة قماش، ورغم ذلك فإن هذه الألياف لا تحترق بالنار ولا تتأثر بالأحماض، وهى غير موصلة للكهرباء ورديئة التوصيل للحرارة. كل هذه الصفات وغيرها جعلت من الأسبستوس مادة صناعية هامة لها استخدامات خاصة، ويصل إنتاج العالم من الأسبستوس نحو أربعة ملايين طنًا سنويًا.

وهناك مجموعتان من معادن الأسبستوس هما:

1- مجموعة الأسبستوس السربنتينى.

2- مجموعة الأسبستوس الأمفيبولى.

ومن أمثلة الأسبستوس السربنتينى معدن كريزوتيل $Mg_3Si_2O_5(OH)$ وهو نوع حريري أخضر اللون ويتركب من سيليكات المغنسيوم المائية وله نفس تركيب السربنتين، ويشمل هذا الأسبستوس أيضًا معدن البكروليت وهو أقل جودة من الكريزوتيل.

ويوجد معدن الكريزوتيل على هيئة عروق وأشرطة في صخور السربنتين الناتجة عن تغير معادن الأوليفين في الصخور النارية فوق القاعدية مثل البريدوتيت والدونيت بفعل المحاليل عالية الجودة، أو نتيجة تحول الحجر الجيري المغنيسى أو الدولوميت في مناطق التحول التماسي. ويغطى السربنتين الناتج عن تغير الصخور النارية فوق القاعدية نحو 90 ٪ من احتياجات العالم من الأسبستوس. ويوجد الأسبستوس في صخور السربنتين إما في ألياف متقاطعة وعمودية على الجدران، أو في ألياف متوازنة ومائلة على الجدران أو في ألياف كتلية إشعاعية. كما يوجد الأسبستوس في السربنتين الناتج عن تغير الحجر الجير الدولوميتي على هيئة ألياف متقاطعة أو شرائط موازية لأسطح التطابق.

ومن أمثلة الأسبستوس الأمفيبولى معدن الأنثوفيلليت ومعدن الكروسيدوليت ومعدن الأموزيت ومعدن التريموليت ومعدن الأكتينوليت وهى معادن تتكون من سيليكات المغنسيوم والحديد والكلسيوم المائية. وتوجد معادن الأسبستوس الأمفيبولى في الصخور المتحولة مثل الشيست والأردواز والبيروكسينيت والبريدوتيت وغيرها.

وأهم الرواسب الاقتصادية للأسبستوس توجد في مقاطعة كويبك في كندا وجنوب أفريقيا وروديسيا والترانسفال وروسيا وقبرص والولايات المتحدة واستراليا وفنلندا وايطاليا وغيرها.

وفى الوطن العربي يوجد الأسبستوس بكميات صغيرة في صخور السربنتين في جبل الظنة في إمارة أبو ظبي في دولة الإمارات العربية المتحدة، وفى أماكن متعددة من المملكة العربية السعودية في منطقة أبها وفى جبل الهجرة وجبل حمضة، وفى الجمهورية اليمنية يوجد الأسبستوس والتلك في منطقة البيضا جنوب شرقي صنعاء بنحو 250 كم مرتبطًا بالصخور النارية فوق القاعدية المتحولة. وفى مصر يوجد الأسبستوس على هيئة ألياف رفيعة في عروق قليلة السمك في صخور السربنتين والشيست في منطقة حفافيت بالصحراء الشرقية. ويتواجد الأسبستوس الكريزوتيلى في صخور السربنتين في منطقة صول حامد (شمال جبال البحر الأحمر) وقلع النحل (كسلا)، والانقسنا شرقي السودان. وفى سوريا يوجد الأسبستوس في موقعين أحدهما بالقرب من قرية قمبازى والآخر بالقرب من قرية بوز فملان بجبل طوفران بمنطقة البسيط حيث يوجد في صخور البيريدوتيت على هيئة عروق رفيعة قاطعة الصخور.

وفى الصومال توجد رواسب قليلة من الأسبستوس مصاحبة للتلك قرب جبل مرة على مسافة 50 كم غربي هرجيسة وكذلك في منطقة لافاروج. وفى الجبل الأخضر بعمان. وفى المغرب يوجد الأسبستوس الكريزوتيلى في أربعة مواقع وهى: بوعز، النقوب، تيسوفرة، تيف دراع في صخور السربنتين التابعة لعصر ما قبل الكمبري، وفى الصخور البازلتية في الأطلس الأوسط.

**2- التلك وحجر الصابون**

التلك هو أكثر المعادن طراوة ونعومة في الملمس وأقلها صلابة، ويتركب التلك من سيليكات المغنسيوم المائية، ويطلق على الأنواع النقية منه اسم التلك، أما الأنواع الكتلية المدموجة منه فتعرف باسم ستياتيت، أما حجر الصابون فهو تلك يحتوى على بعض الشوائب المعدنية.

وتوجد رواسب التلك في صخور السربنتين وفى حجر الجير الدولوميتي المتحول والشيست والنيس نتيجة لعمليات التغير الحرمائي لمعادن المغنسيوم.

يستخدم التلك في العديد من الصناعات مثل صناعة الورق والبويات والسيراميك والمطاط والصناعات الكيميائية والطبية والألياف الصناعية والمسابك وغيرها.

ويبلغ إنتاج العالم السنوي من التلك نحو سبعة ملايين طنًا، ويأتي نحو ثلث هذه الكمية من الولايات المتحدة الأمريكية والباقي من كوريا وفرنسا وإيطاليا واليابان وكندا وأسبانيا والصين والهند والنرويج ودول الاتحاد السوفيتي السابق.

يوجد التلك وحجر الصابون بكميات كبيرة في صخور السربنتين والشيست في مناطق متعددة في صخور الدرع العربي النوبي: في مصر في مناطق حماطه درهيب وأم سليمان والعطشان والفواخير وأم حقاب في الصحراء الشرقية، وفى السودان يظهر التلك في منطقة قلع النحل وجبال الأنقسنا في صخور السربنتين، وفى الصومال توجد كميات صغيرة من التلك قرب جبل مرة جنوب غربي هرجيسة بنحو 50 كم، وفى منطقة واجاها داى على بعد 12 كم غربي الشيخ، كما يوجد التلك باليمن في منطقة البيضا، جنوب شرقي صنعاء بنحو 250 كم في الصخور فوق القاعدية المتحولة وقد اكتشفت بالمملكة العربية السعودية بعض رواسب التلك وحجر الصابون في الصخور المتحولة قرب مدينة الطائف وشمال غربي أملج ومنطقة ودكة بالداودمى.

**3- الجبس والأنهيدريت**

الجبس هو كبريتات الكلسيوم المائية ($CaSO_4 . 2H_2O$)، والأنهيدريت هو كبريتات الكلسيوم اللامائية ($CaSO_4$)، وهما معدنان تبخيريان ومتلازمان في الطبيعة ويتحول كل منهما إلى الآخر عن طريق فقد الماء أو إضافته.

وهناك خمسة أنواع من الجبس هي:

* الجبس الصخري،

* الجبسيت،

* الألبستر،

* الساتنسبار،

* والسيلينيت.

والجبس الصخري عبارة عن مادة كتلية صلبة، أما الجبسيت فهو جبس غير نقى وله مظهر أرضى، ويستخدم هذان النوعان في الأغراض التجارية. أما الألبستر فهو جبس كتلي دقيق الحبيبات، شفاف إلى نصف شفاف (يجدر الإشارة هنا أن ما يسمي بالألبستر المصري المشهور بتعرقاته وأحزمته المتموجة ذات الألوان المتبادلة من الأبيض مثل الشمع والأصفر العسلي هو كربونات كلسيوم). والساتنسبار هو صورة ليفية ذات بريق حريري من الجبس، أما السيلينيت فهو النوع الشفاف المتبلور من الجبس. ويبلغ الإنتاج العالمي السنوي من الجبس نحو 8.0 مليون طن.

ويتكون الجبس في بيئات جيولوجية متنوعة فيوجد في الصخور الرسوبية وفى المتبخرات حيث تترسب كبريتات الكلسيوم (الجبس) أولا يليها كلوريد الصوديوم (الهاليت).

يستخدم الجبس والأنهيدريت في عدد من الصناعات الهامة مثل صناعة البناء التي تستهلك أغلب الجبس والأسمنت وإنتاج حمض الكبريتيك وصناعة الورق الأبيض الثقيل والطوب والزجاج وتزجيج القيشاني وفى عمل قوالب التشكيل وصب الفلزات في المسابك ويستخدم في الجراحة والطب والبويات وكذلك كمادة مساعدة في صهر بعض خامات الفلزات مثل خامات النيكل المتأكسدة.

يوجد الجبس بكميات ضخمة في معظم أرجاء الوطن العربي، ففي مصر يستخرج الجبس من عدد من المناطق في مصر مثل رأس ملعب ووادي الريانة في شبه جزيرة سيناء، والبلاّح (2 كم شمال الإسماعيلية) على الضفة الغربية لقناة السويس،

والغربانيات والعميد غربي الإسكندرية، وتلال مرسى مطروح وبحيرة المنزلة، ومنطقة جرزة ببني سويف، ومناطق متفرقة شرقي القاهرة، ويتواجد الجبس في تلك المناطق على هيئة طبقات أفقية يتراوح سمكها من نصف متر حتى 30 مترًا.

كما تتواجد رواسب الجبس في اليمن في منطقة تعز والغراس (40 كم شمال شرقي صنعاء) وجبس (34 كم غربي تعز) وغيرها.

كما يوجد ضمن رواسب المتبخرات في عدد من المواقع في المملكة العربية السعودية في صخور الميوسين على ساحل البحر الأحمر بين جيزان والفرسان، وفى الصخور الجيرية للعصر الجوراسي العلوي والتي تظهر على السطح في منطقة دال هيث جنوب شرق الرياض بحوالي 32 كم، وكذلك تحت سطح الأرض في مناطق حقول البترول حول الخليج بالمملكة حيث توجد هذه الرواسب في صخور العصر الجوراسي أيضًا وعلى عمق 2 كم تقريبًا.

ويوجد الجبس بكميات ضخمة في الأردن في مناطق الطفيلة، ووادي الحسا، ووادي الكرك، ووادي الموجب، ويصل احتياطي الجبس في تلك المناطق أكثر من 100 مليون طن من الجبس الجيد. وتوجد هذه الرواسب في طبقات عدسية يتراوح سمكها من متر إلى ثلاثة أمتار ضمن رواسب العصر الطباشيري الأوسط.

وفى العراق يوجد الجبس، حيث ينتج سنوياً أكثر من نصف مليون طن.

كما يوجد الجبس بكميات ضخمة في السودان ضمن رواسب الدور الثالث وخاصة رواسب الميوسين الأوسط على طول ساحل البحر الأحمر، وأهم المناطق التي يظهر فيها الجبس في السودان هي: خورايت، جبل توبهام، جبل سخوم، دمقناب، جزيرة مقرشم، مرسى شنغاب، جبل ديبه، جبل أبو عمامة.

وفى الصومال تمتد رواسب الجبس والأنهيدريت على مساحات واسعة شمال شرق الصومال، ومن المعروف أن منطقة القرن الأفريقي منطقة غنية برواسب المتبخرات بصفة عامة، وتتبع أدوارًا جيولوجية مختلفة من الجوراسي والطباشيري والميوسين وغيرها.

وفى ليبيا يتواجد الجبس بكميات كبيرة في عدد من المواقع شمال غرب البلاد قرب عفران ونعلوت ومزدة وبونجم. وترجع رواسب بئر الغنم قرب عفران إلى العصر الجوراسي ويتواجد الجبس في طبقات تبادلية من حجر الجير والدولوميت والطين، ويمتد ظهورها إلى مسافة 60 كم بين غريان وعفران ويصل اتساع منكشف تلك الرواسب إلى 25 كم وقد يصل سمك طبقات الجبس إلى 400 مترًا.

ويوجد الجبس بكميات ضخمة في عدد من المواقع بالمغرب وهو من أعمار جيولوجية مختلفة، من الكمبري والبرمي والترياسى والجوراسي وغيرها، وأهم منطقتين يستخرج الجبس منهما هي منطقة سيدي أحمد ناجى عند اليوسفيه والثاني قرب ميناء آسفى.

وفى موريتانيا تنتشر رواسب الجبس في الكثير من السبخات الساحلية والقريبة من الساحل مثل سبخة الدراهمشة على بعد 120 كيلومترًا شمالي نواكشوط حيث يوجد الجبس نقياً (حوالي 96٪ كبريتات كلسيوم)، وتزيد احتياطيات الجبس في هذه المناطق على أربعة آلاف مليون طن.

## معادن الزينة والأحجار الكريمة

معادن الزينة أو الأحجار الكريمة هي معادن نادرة بصفة عامة، وتمتاز بصلابتها العالية وألوانها الجميلة الجذابة، وقد عرفها الإنسان منذ القدم، وتتوقف قيمة وجودة هذه المعادن والأحجار على درجة صلابتها ولونها وندرتها في الطبيعة. وقد عرف الإنسان أكثر من 15 نوعًا من معادن الزينة منذ العصر الحجري، عرف الإنسان القديم الكوارتز الملون واستخدمه لأغراض الزينة والأغراض اليومية منذ حوالي مائة ألف سنة قبل الميلاد. وعرف قدماء المصريين الزمرد واستخدموه للزينة منذ أكثر من أربعة آلاف سنة قبل الميلاد، كما عرف الإنسان العقيق والسافير وهو أكسيد الألمنيوم (الكورندم) منذ زمن بعيد (جدول 5-12).

جدول 5-12 : قائمة بأهم المعادن شبه الثمينة ومواصفاتها.

| الاسم | الأصل | الصلادة | المجموعة الكيميائية |
|---|---|---|---|
| أباتيت | ناري | 5 | فوسفات |
| بيريل (أكوامارين) | ناري ومتحول | 8 | سيليكات |
| كريزوبيريل | ناري ومتحول | 8.5 | أكسيد |
| فلسبار (أمازونيت) | ناري | 6 | سيليكات |
| جارنت | ناري ومتحول | 7.5-7 | سيليكات |
| جاديت (Jadeite) | متحول | 6.5 | سيليكات |
| (لابيس لازولي) | متحول | 5.5-5 | سيليكات |
| ملاكيت | رسوبي | 4-3.5 | كربونات |
| نفريت | متحول | 6-5 | سيليكات |
| أوبال | رسوبي | 6.5-5.5 | سيليكات |
| زبرجد (أوليفين) | ناري | 6 | سيليكات |
| كوارتز | ناري ورسوبي | 7 | سيليكات |
| سبينل | ناري | 8 | أكسيد |
| توباز | ناري ومتحول | 8 | سيليكات |
| تورمالين | ناري ومتحول | 7.5 | سيليكات |
| فيروز (توركواز) | رسوبي | 6-4 | فوسفات |
| زركون | ناري | 7-6.5 | سيليكات |

ومعادن الزينة إما أن توجد غير متحدة مع غيرها، مثل الألماس، وهو كربون نقي، أو على هيئة أكاسيد عناصر مثل الياقوت والسافير، أو سيليكات مثل الزمرد (سيليكات البريليوم والألمنيوم)، أو فوسفات مثل الفيروز أو التُركواز (فوسفات النحاس والألمنيوم المائية).

تستخرج بعض معادن الزينة من بعض الصخور النارية، وتوجد كذلك في رواسب الوديان مخلوطة بالحصى والزلط والتراب على هيئة رواقد، وذلك بسبب تجوية وتفتت الصخور الصلبة المضيفة للأحجار الكريمة، ثم يترسب الفتات

الصخري في الوديان مع معادن الزينة التي لا تتأثر بعمليات التجوية لصلابتها، كما توجد بعض معادن الزينة مثل الجارنت في الصخور المتحولة مثل الشيست أو في عروق معدنية تكونت بالمحاليل الحرمائية.

وتصنف معادن الزينة حسب جودتها وقيمتها إلى مجموعتين هما: المعادن الثمينة وتضم الألماس والزمرد والياقوت (كورندم) والأوبال. والمعادن شبه الثمينة وتضم مجموعة كبيرة من المعادن الملونة الجميلة ومنها، الأمشيست والأكوامارين والاليكسندريت وحجر القمر وحجر الشمس والجارنت واللازورد والزبرجد والتورمالين والفيروز والزركون والعقيق (جدول 5-12)...إلخ.

**1- الألماس:**

والألماس صورة من صور الكربون النقي المتبلور في نظام المكعب وهو أعلى المعادن صلابة، ومعروف بألوانه وبريقه المميز نتيجة انعكاس الضوء على سطحه فيبدو أصفر أو أحمر أو أزرق أو أخضر أو عديم اللون أو أسود. والألماس الأسود يعرف باسم كربونادو، وهو يحتوى على شوائب من الجرافيت، ويستخدم في الأغراض الصناعية مثل صنع سكاكين الحفر عن البترول.

يوجد الألماس في الصخور النارية فوق القاعدية الغنية بالحديد والمغنسيوم تسمى كمبرليت نسبة إلى مدينة كمبرلى في جنوب أفريقيا، وتوجد هذه الصخور على هيئة أعناق براكين قديمة آتية من أعماق قد تصل إلى 100 كم تحت سطح الأرض، في جنوب أفريقيا، ويتراوح قطر بعض هذه الأعناق من عدة أمتار حتى 800 متر وتعتبر صخور الكمبرليت المصدر الرئيسي للألماس في العالم، أما المصدر الثاني فهو رواسب الوديان من حصى وزلط ورمال، وقد تكونت هذه الرواسب من تجوية صخور الكمبرليت، وتقوم الرياح والمياه الجارية بنقل الفتات الصخري إلى مجارى الأنهار حيث تكون الرواقد، ويقدر الألماس غادة بالقيراط والقيراط الواحد يساوى 200 مليجراما.

### 2- الزمرد والأكوامارين

الزمرد والأكوامارين هما صورتان من معدن البيريل (سيليكات البريليوم والألمنيوم). والزمرد شفاف ولونه أخضر (زمردي)، أما الأكوامارين فهو شفاف ذو لون أزرق صاف مثل لون ماء البحر، وتوجد أنواع صفراء من معدن البيريل تعرف باسم حليدور وأنواع وردية تعرف باسم مورجانيت، ويوجد الزمرد في مصر في وادي الجمال جنوب الصحراء الشرقية، وفي كولومبيا والنمسا وبورما وسيريلانكا والبرازيل.

### 3- الياقوت والسافير

وهما النوعان الأحمر من معدن الكورندم (أكسيد الألمنيوم). والسفير أكثر انتشاراً من الياقوت وتأتي أغلب هذه المعادن من رواسب الوديان في الهند وسيريلانكا وأفغانستان وباكستان.

### 4- الزبرجد

وهو النوع الشفاف من معدن الأوليفين، ولونه أخضر زجاجي شفاف، ويوجد في مصر في جزيرة الزبرجد في البحر الأحمر أمام وادي الجِمال.

## *خامات الوقود*

### 1- الفحم

يعتبر الفحم أهم الرواسب الكربونية وهو يتكون من تجمع النباتات وتراكمها بكميات ضخمة ثم طغيان البحر فوقها وتغطيتها بطبقات من الصخور الرسوبية، ثم تبدأ عمليات التفحم وذلك بتحلل أنسجة النباتات بفعل البكتريا والضغط ودرجات الحرارة العالية ليكون درجات مختلفة من المواد الفحمية. وتتكون رواسب الفحم من مواد عضوية ومواد معدنية غير عضوية. تتكون المواد العضوية من الكربون (60-96٪) والهيدروجين (1-12 ٪) والأكسجين (2-20 ٪) والنيتروجين (1-3 ٪)

مع نسبة ضئيلة من الكبريت والفسفور وغيرهما. ويتكون الجزء المعدني غير العضوي من السيلكون والألمنيوم والحديد والكلسيوم والمغنسيوم والبوتاسيوم والصوديوم وغيرها. وتحتوى بعض رواسب الفحم على تركيزات عالية من البريليوم والنيكل والكوبالت والمولبدينوم واليورانيوم والجاليوم والفاناديوم والجرمانيوم واليترويوم والعديد من العناصر النادرة. ورتب الفحم تعتمد على خواصها الفيزيائية وتركيبها الكيميائي على النحو التالي:

1 - **الخُث Peat (فحم المستنقعات)** وهو أول مراحل تكون الفحم بعد الأكسدة الجزئية للنباتات بفعل البكتريا وهو عبارة عن مادة بنية اللون، بها حوالي 50 ٪ كربون.

2 - **اللجنيت** وهو عبارة عن مادة أسفنجية لا تزال تحتوى على النسيج النباتي الإسفنجي، ولونه بني أسود وهو أكثر صلابة من الخُث وبه نسبة أعلى من الكربون تصل إلى 60 ٪.

3 - **الفحم تحت القطران** وهو المرحلة المتوسطة بين اللجنيت العادي وبين الفحم القطراني ولونه أسود وبه نسبة كربون تصل إلى 75 ٪ وتستخدم في الأغراض المنزلية في كثير من بلدان أمريكا الشمالية وأوربا.

4 - **الفحم القطراني** يتميز هذا النوع من الفحم باختفاء النسيج الاسفنجى الخشبي وتزيد به نسبة الكربون لتصل إلى 75 - 90 ٪.

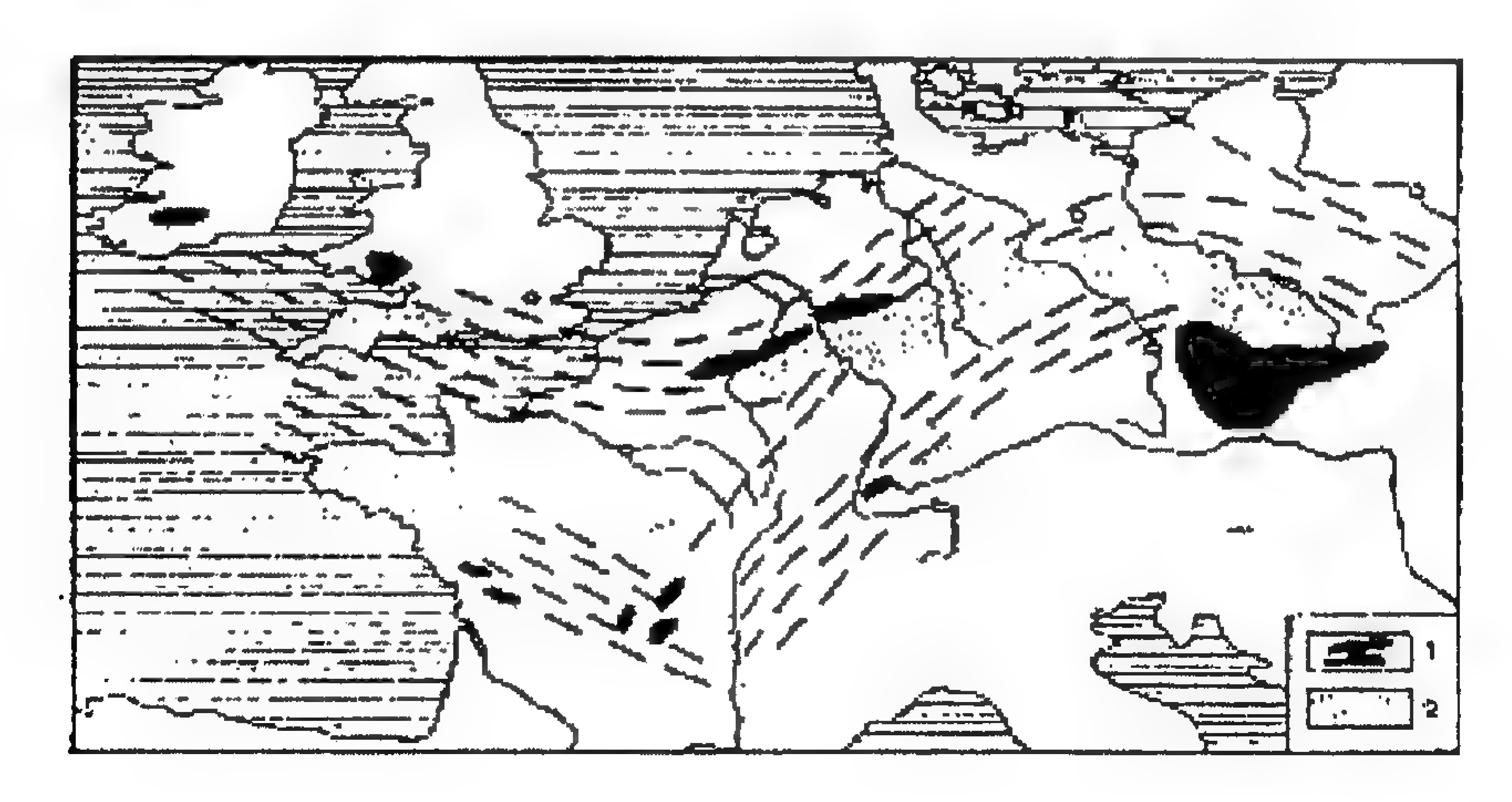
5 - **الأنثراسيت** وهو أجود أنواع الفحم وأصلبها وله بريق تحت معدني ومكسر محاري ولا يترك آثاراً باليد، ولونه أسود إلى رصاصي وتصل نسبة الكربون فيه حوالي 95-98 ٪.

وعادة تزيد صلابة الصخور والرواسب الفحمية ونسبة الكربون فيها بالزمن، فالرواسب الأقدم تكون عادة من نوع الأنثراسيت أو الفحم القطراني، أما الرواسب الأحدث فهي نوع الخُث أو الليجنيت ويرجع هذا إلى مدى إتمام عملية الأكسدة الجزئية والتفحم للنباتات المكونة لهذه الرواسب.

ومن الملاحظ كذلك أن الرتبة العالية من الرواسب الفحمية (مثل الأنثراسيت والفحم القطراني) توجد قرب مناطق النشاط الناري والبركاني والحركات الأرضية العنيفة كالطيات العملاقة، حيث تزداد درجة حرارة الصخور في تلك المناطق مما يساعد على إتمام عملية التفحم والتحول إلى فحم عالي الرتبة.

وتوجد الرواسب الفحمية في الصخور الرسوبية وتتكون من طبقات متبادلة من الحجر الرملي والصخور الطينية، وعادة ترقد طبقات أو راقات الفحم بين طبقتين من الصخور الرسوبية الطينية دقيقة الحبيبات، ويزيد حجم حبيبات الصخور الرسوبية بالبعد عن راقات الفحم.

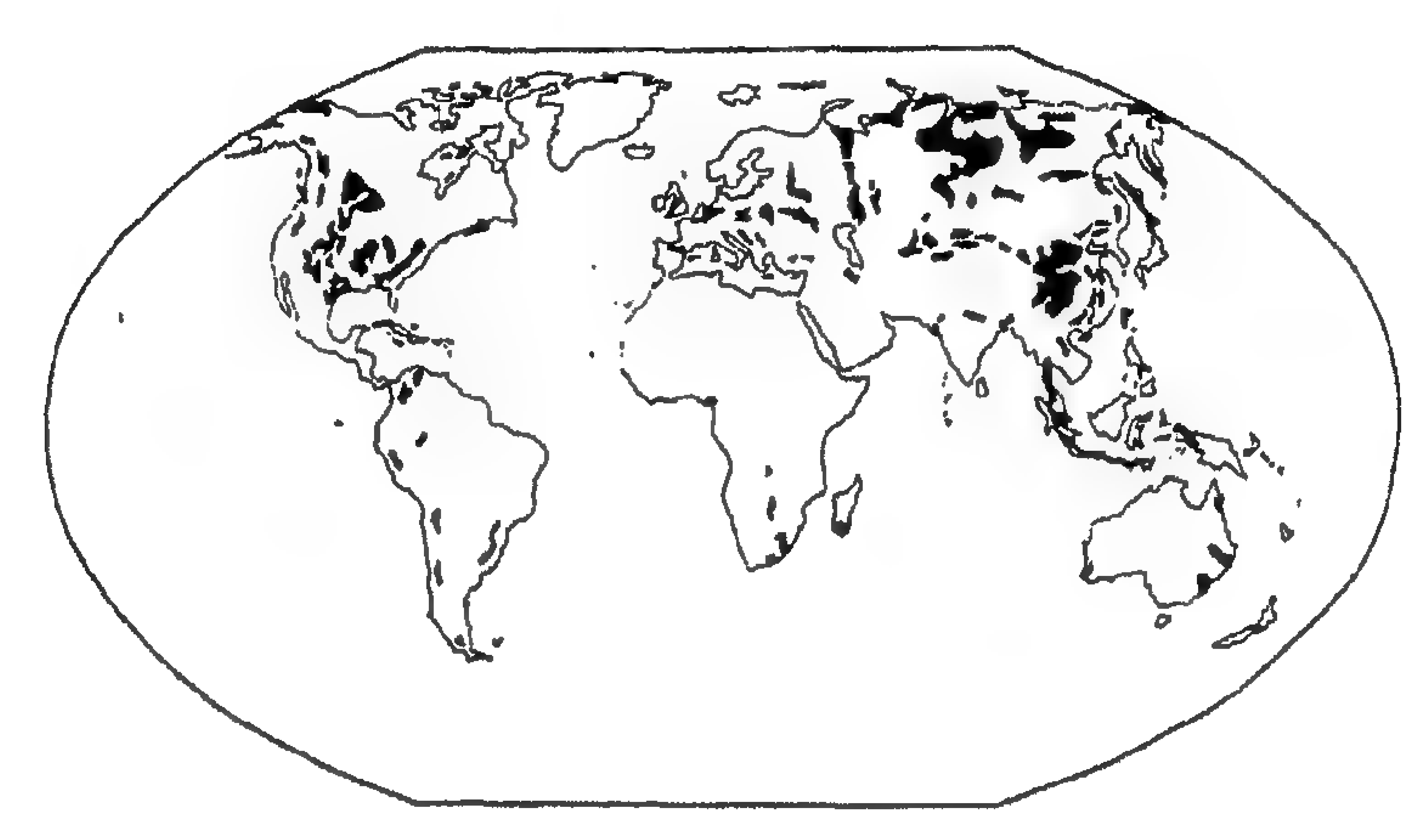
وتوجد رواسب الفحم في الصخور الرسوبية من الدور السيلوري وحتى الدور الرابع، إلا أن رواسبا ضخمة من الفحم قد تكونت في الدور الكربوني في النصف الشمالي من أمريكا الشمالية وأوربا والنصف الشمالي من أفريقيا والجزء الغربي من آسيا حيث يوجد في هذه المناطق حوالي 22 ٪ من احتياطي العالم من الفحم. ويتركز الفحم في حزام يمتد من الولايات الشرقية بالولايات المتحدة الأمريكية إلى بريطانيا وفرنسا وبلجيكا وألمانيا وتشيكوسلوفاكيا وبولندا وروسيا (شكل 5-7).




شكل 5-7: حركات الطي الهرسينية في غرب أوروبا.

1 = رواسب الفحم من الدور الكربوني، 2 = بقايا مناطق الطي.

كذلك توجد رواسب ضخمة من الفحم في الجزء الشرقي من آسيا واستراليا والقارة القطبية الشمالية والقارة القطبية الجنوبية والأجزاء الجنوبية الشرقية من القارة الأفريقية وأمريكا الجنوبية، حيث يشكل حوالي 27 ٪ من احتياطي العالم (شكل 5-8 وجدول 5-13).



شكل 5-8: أماكن تواجد الفحم في الكرة الأرضية.

جدول (5-13): إنتاج بعض الدول من الفحم عام 1969م

| م | الدولة | (ألف طن) |
|---|---|---|
| 1 | الصين | 1,405,924.00 |
| 2 | الولايات المتحدة الأمريكية | 965,114.00 |
| 3 | الهند | 282,000.00 |
| 4 | روسيا | 273,944.00 |
| 5 | ألمانيا | 239,722.00 |
| 6 | جنوب أفريقيا | 206,362.00 |
| 7 | بولندا | 199,108.00 |
| 8 | كازاخستان | 76,544.00 |
| 9 | كندا | 75,809.00 |
| 10 | اليونان | 59,492.00 |

| م | الدولة | (ألف طن) |
|---|---|---|
| 11 | تركيا | 56,697.00 |
| 12 | المملكة المتحدة | 50,695.00 |
| 13 | أندونيسيا | 48,387.00 |
| 14 | رومانيا | 40,877.00 |
| 15 | يوغسلافيا | 38,560.00 |
| 16 | كولومبيا | 30,065.00 |
| 17 | أسبانيا | 29,999.00 |
| 18 | المكسيك | 9,160.00 |
| 19 | اليابان | 6,674.00 |
| 20 | البرازيل | 4,295.00 |
| 21 | فنزويلا | 3,486.00 |
| 22 | باكستان | 3,448.00 |
| 23 | نيوزيلندا | 3,176.00 |
| 24 | إيران | 1,000.00 |
| 25 | المغرب | 651.00 |
| 26 | زامبيا | 373.00 |
| 27 | الأرجنتين | 311.00 |
| 28 | ايطاليا | 310.00 |
| 29 | النرويج | 245.00 |

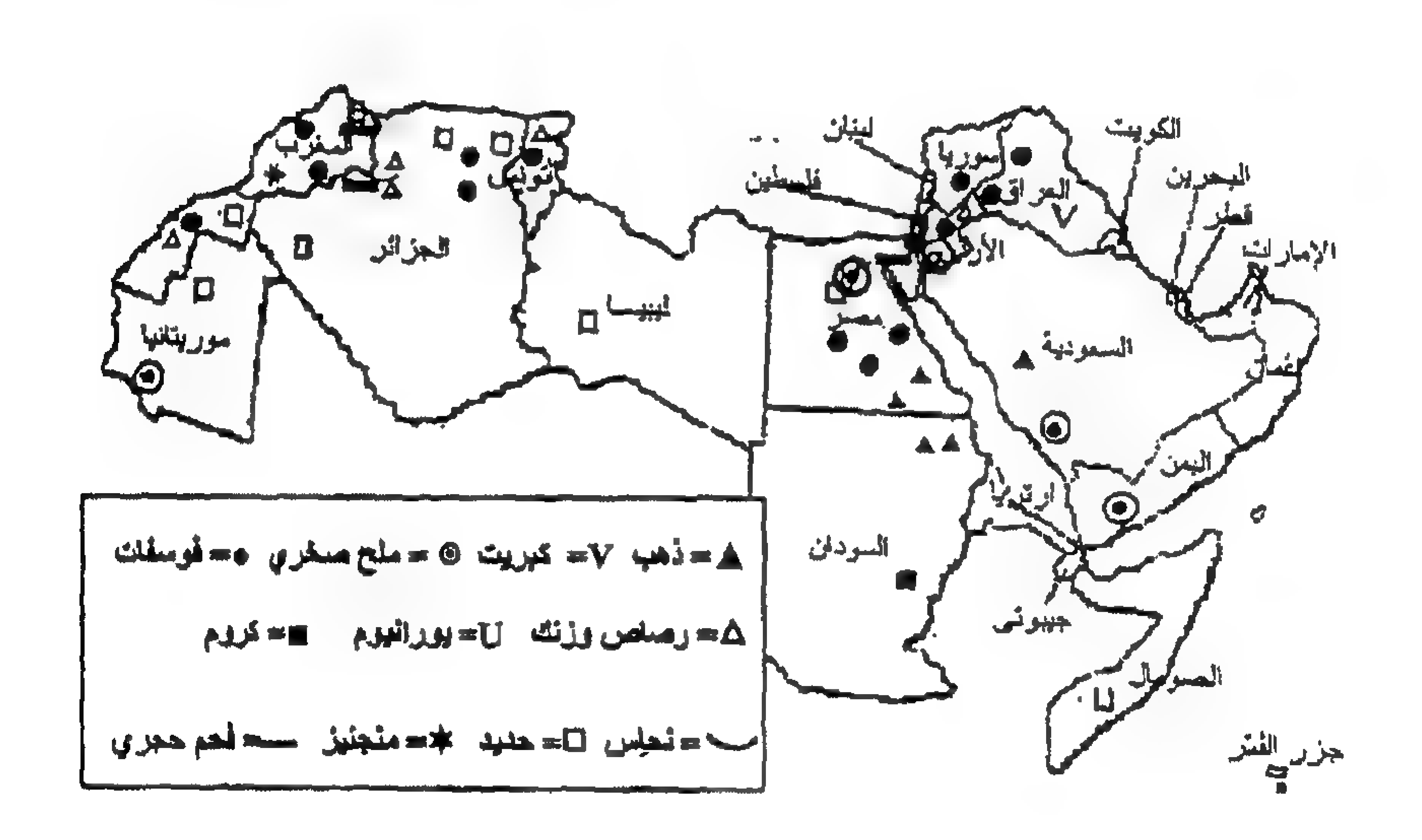
ويوجد الفحم بكميات كبيرة في صخور الطباشيري الأعلى والدور الثلاثي على السواحل الشرقية لآسيا واستراليا والسواحل الغربية لأمريكا الشمالية والجنوبية، ويوجد في هذه المناطق حوالي نصف احتياطي العالم. وتتكون رواسب الفحم في مناطق المستنقعات والبرك حيث المياه العذبة اللازمة لنمو النباتات وذلك في مناطق دلتا الأنهار الواسعة وعلى سواحل البحار والمحيطات مع توافر الأمطار المتوسطة أو الغزيرة ودرجات الحرارة المتوسطة (الدافئة).

وعادة تتكون رواسب الفحم في المستنقعات والبرك حيث تتوافر المياه العذبة اللازمة لنمو النباتات، وخاصة دلتا الأنهار، وعلي سواحل البحار والمحيطات، في مناطق دافئة نسبيًا مع هطول أمطار غزيرة.

**أهم الرواسب المعدنية في الوطن العربي (شكل 5-9)**

**البترول:** السعودية – الكويت – الجزائر – ليبيا – العراق – الإمارات العربية – سوريا – قطر – مسقط – البحرين – تونس – فلسطين – المغرب – مصر – السودان.

**الغاز الطبيعي:** الجزائر – ليبيا – مصر – فلسطين – السعودية – سوريا – تونس – العراق – الكويت – البحرين – الإمارات العربية – قطر.




شكل 5-9: التوزيع الجغرافي لأهم الثروات المعدنية في الوطن العربي

**الفوسفات:** المغرب – تونس – الجزائر – مصر – الأردن – فلسطين – سوريا.

**الحديد:** موريتانيا – الجزائر – مصر – المغرب – فلسطين – السعودية.

**الرصاص والزنك**: المغرب - تونس - مصر - الجزائر.

**المنجنيز**: المغرب - مصر (استخرج معظمه)- السودان.

**النحاس**: تونس - مصر - موريتانيا - السودان - فلسطين - السعودية - الجزائر - المغرب.

**الأملاح**: مصر - ليبيا - تونس - الجزائر - المغرب - موريتانيا - السودان - الصومال - فلسطين - الأردن - لبنان - سوريا - العراق - الكويت - اليمن - السعودية.

**الجبس**: ليبيا - السعودية - الصومال - مصر - فلسطين - الأردن - لبنان - سوريا - العراق - الكويت - اليمن - أبو ظبي.

**الكبريت**: العراق - مصر - ليبيا - فلسطين - سوريا - الكويت - السعودية - الإمارات العربية - الكويت - المغرب.

**البوتاس**: فلسطين - الأردن - ليبيا.

**الرمال البيضاء**: مصر - فلسطين - سوريا - لبنان - العراق.

**الأسبستوس**: مصر - الجزائر.

**الباريت**: الجزائر - مصر - المغرب.

**الطين الحراري**: فلسطين - مصر - الجزائر.

**الذهب**: مصر - السودان - السعودية - سلطنة عمان - المغرب - الجزائر.

**النطرون**: مصر - السودان - الجزائر - ليبيا.

**العناصر النادرة والمعادن المشعة**: تونس - مصر - السودان.

**المولبدينوم**: المغرب - مصر.

**الفحم**: الجزائر – المغرب – مصر.

**الفلوريت**: تونس – مصر.

**الفضة**: تونس.

**الكروم**: مصر – السودان.

**الكوبالت**: المغرب.

**الميكا**: السودان.

**الزئبق**: الجزائر

**الأنتيمون**: الجزائر.

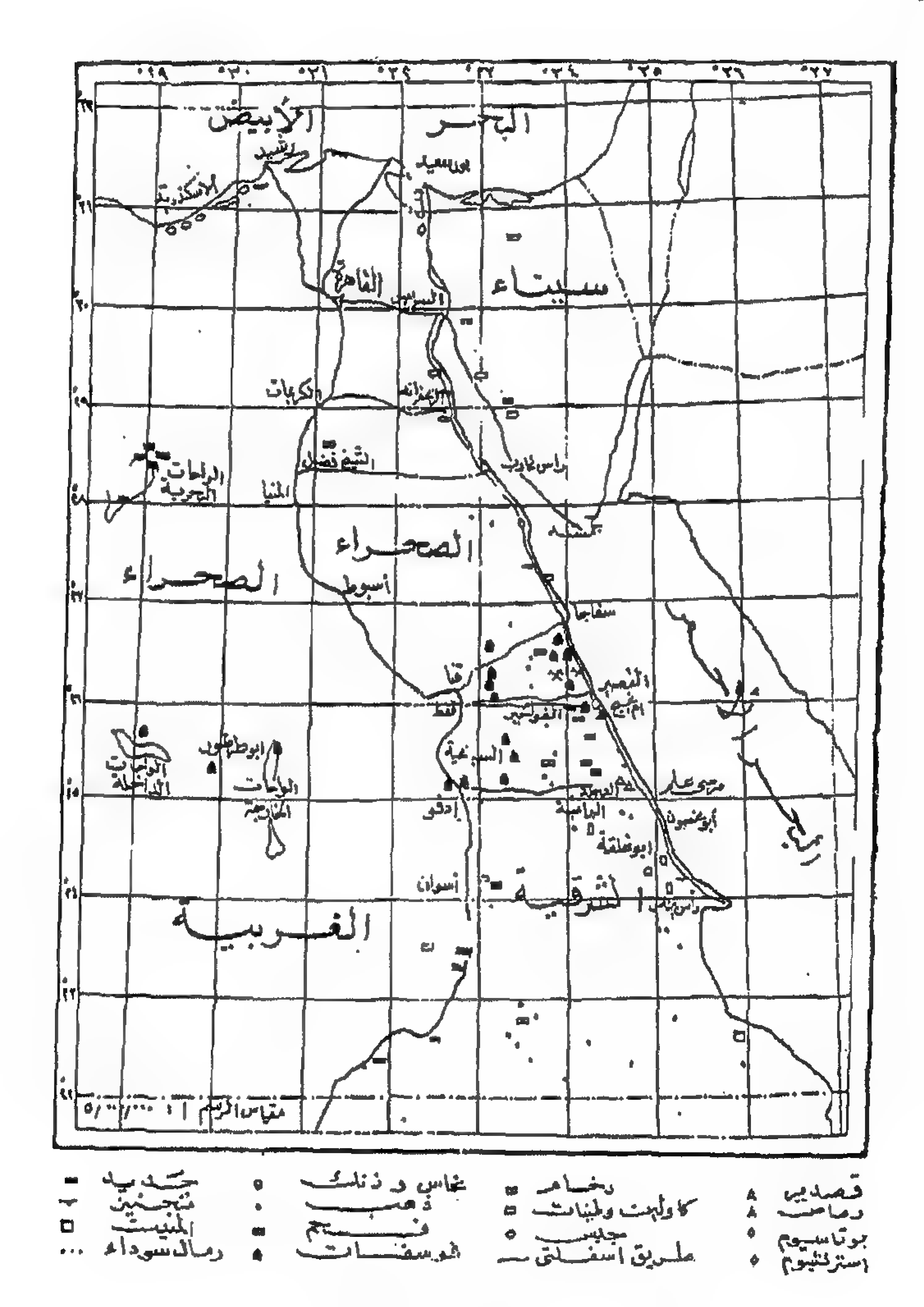
**الطلق**: مصر.

**التنتالوم**: مصر

## الفصل السادس

## التوزيع الجيولوجي والجغرافي للرواسب المعدنية في مصر

تبين الخريطة (شكل 6-1) توزيع الخامات في مصر، ويمكن تقسيمها جغرافيا إلى خامات الصحراء الغربية ووادي النيل، خامات الصحراء الشرقية، وخامات شبه جزيرة سيناء.




شكل 6-1: خريطة تواجد الخامات في مصر.

### الرواسب المعدنية بالصحراء الغربية ووادي النيل

توجد بالصحراء الغربية ووادي النيل مساحات شاسعة مغطاة بالصخور الجيرية التي ترسبت خلال حقب الحياة المتوسطة وحقب الحياة الحديثة (كاينوزوي) وهناك مواقع متناثرة تظهر فيها الصخور النارية والمتحولة التي تتميز بأعمارها القديمة حتى الأركي.

ففي جنوب غرب الصحراء الغربية بالقرب من الحدود الليبية مثل العُوينات وهضبة الجلف الكبير تظهر على السطح صخور رملية تابعة للعصرين الكربوني والجوراسي.

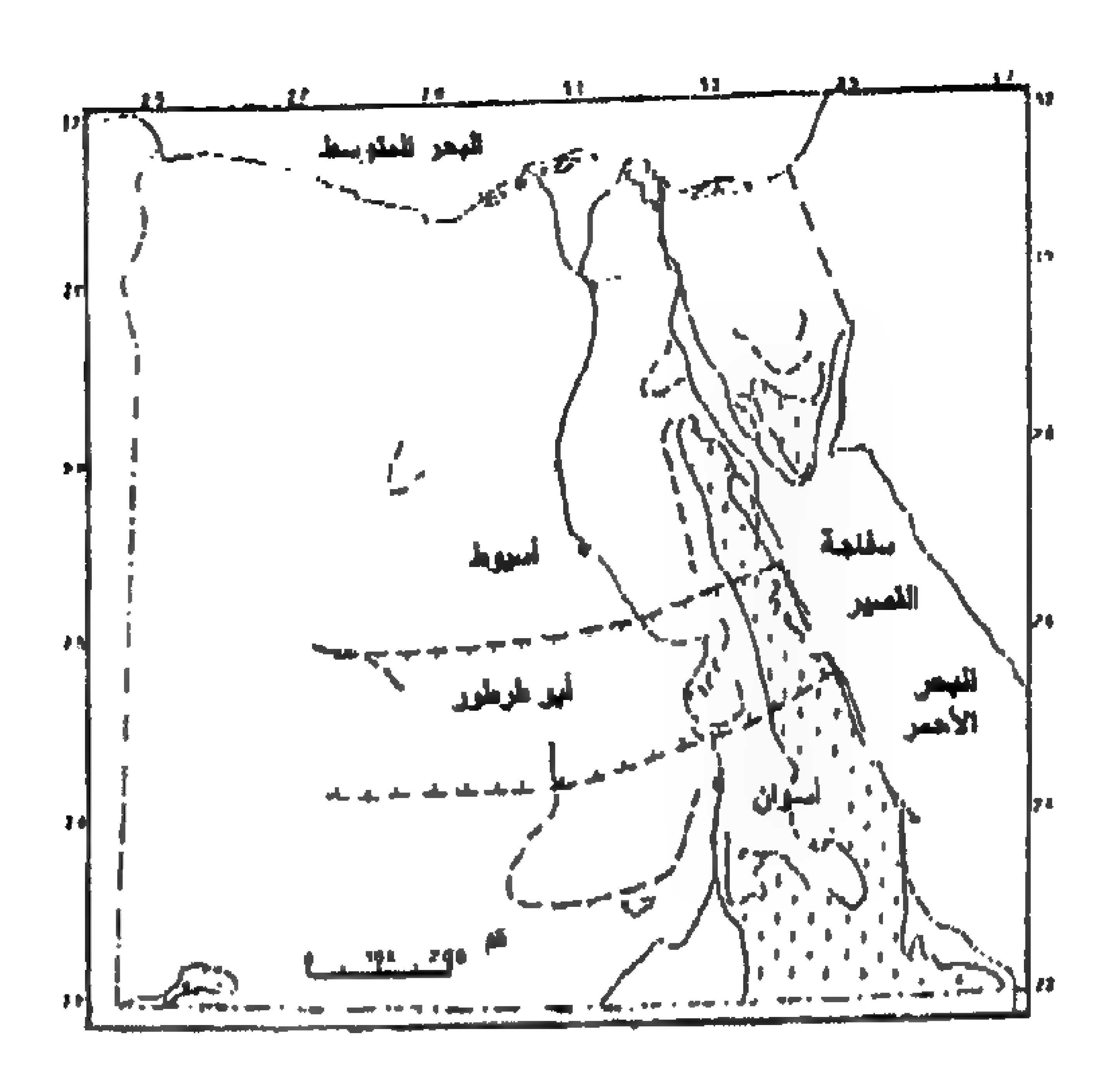
بينما في الأجزاء الشمالية الغربية مثل الواحات البحرية وأبو رواش فإن الطفوح البازلتية تظهر على سطح الأرض.

وفي الصحراء الغربية توجد الصخور النارية والصخور المتحولة والتي تعرف بصخور الأساس أو القاعدة (الركيزة) المعقدة على أعماق كبيرة تصل إلى أكثر من عشرة كيلومترات من سطح الأرض، لذلك فإن تكوينات الصخور الرسوبية هي الموطن الرئيسي لمواقع الرواسب المعدنية الظاهرة بالصحراء الغربية.

وتبعا للعمر الجيولوجي تنقسم الرواسب المعدنية بالصحراء الغربية ووادي النيل إلى أربعة أقسام رئيسية على النحو التالي.

#### رواسب معدنية مصاحبة لصخور الطباشيري

ومن أهمها **رواسب الفوسفات**، وتوجد في وادي النيل في مناطق السباعية والمحاميد وفي الواحات الخارجة والداخلة، وأهم منطقة يظهر فيها خام الفوسفات هي منطقة أبو طرطور على الطريق بين الداخلة والخارجة، حيث يتراوح سمك الخام بين نصف متر و13 مترًا والذي يقل شرقًا وغربًا. وقد قدرت احتياطات الخام المؤكدة بحوالي 700 مليون طن في حين تصل الاحتياطات المحتملة إلى حوالي 1000 مليون طن (شكل 6-2).




شكل 6–2: الصخور الحاوية للفوسفات في مصر

تحتوى طبقة الفوسفات على اليورانيوم بنسبة تصل إلى 75 جزء في المليون، وأحيانا تتراوح النسبة بين 80 و100 جزء في المليون. وتقدر الكميات بحوالي 21 ألف طن يمكن استخراجها من حامض الفوسفوريك الناتج من تصنيع 200 مليون طن من الفوسفات بنسبة متوسطة 60 جزء فى المليون.

كما توجد العناصر الأرضية بفوسفات أبو طرطور بنسبة عالية تتراوح بين 700 و 3100 جزءٍ فى المليون بمتوسط 2200 جزء فى المليون. وتستخلص هذه العناصر من حمض الفوسفوريك؛ حيث يحتوى الطن من الفوسفات على حوالي 1.7 كجم منها. وتستخدم العناصر الأرضية فى استخلاص المعادن وتضاف لأنواع خاصة من الصلب تتطلبها صناعات التسليح أو المغناطيس الدائم وأنابيب مولدات النيوترونات وكابلات الضغط العالي وبلورات الليزر والألياف البصرية والموصلات فائقة القدرة والخزف والصيني والطابعات الإليكترونية والتليفزيون الملون وشاشات الرادار و أشعة إكس والترمومترات الإليكترونية.

أما خامات الحديد الرسوبية والصلصال ورمل الزجاج فتتواجد بوفرة في المنطقة المحيطة بأسوان، كما توجد خامات الحديد في الواحات البحرية (غرابي،

الحارة، الجديدة...إلخ)، كما توجد صخور رملية نقية في الصحراء الغربية لم تستغل بعد.

### رواسب معدنية مصاحبة لصخور الباليوسين والايوسين

وهذه تشمل رواسب هامة من الصخور الجيرية والطباشير والتي تستغل على نطاق واسع لصناعات الأسمنت ومواد البناء ورصف الطرق وعمليات استخلاص الحديد من أكاسيده.

### رواسب معدنية مصاحبة لصخور الأوليجوسين

وتوجد على هيئة رواسب من الحجر الرملي والطين الصفحي بمنطقة الفيوم والتي تحتوي على نسبة ضئيلة من معادن اليورانيوم بالإضافة إلى البنتونيت، والبنتونيت عبارة عن نوع من الطين يتكون من تحلل الرماد البركاني وخاصة من معدني مونتموريلونيت والبيديليت، وتعالج به منتجات البترول لتحسين لونها.

### رواسب معدنية مصاحبة لصخور البليستوسين والهولوسين

توجد على امتداد شواطئ البحر المتوسط، وخاصة في المنطقة المحصورة بين رشيد والعريش، ومن أهم هذه الرواسب الجبس والملح الصخري والرمال السوداء، وتحتوي الأخيرة على معادن اقتصادية مثل الإلمنيت والماجنيتيت والجارنت والزركون والروتيل والمونازيت، والأخير عبارة عن معدن مشع يحتوي أساسا على الثوريوم وبعض العناصر الأرضية النادرة.

### الرواسب المعدنية بالصحراء الشرقية

تتميز الصحراء الشرقية بالخصائص التعدينية الآتية:

* تظهر على السطح بالقرب من سواحل البحر الأحمر بمنطقتي سفاجا والقصير رواسب هامة للفوسفات والرمل الزجاجي والطفلة الكربونية التابعة للعصر الطباشيري الأعلى.

* توجد بوفرة صخور الإيوسين وأهمها الحجر الجيري والدولوميت، والتي يستخدم بعضها كأحجار للزينة ولصناعة البلاط والطوب الحراري وصناعة الأسمنت.

* تظهر صخور الميوسين في رأس جمصه على خليج السويس، وتتواجد بها رواسب هامة للكبريت، كما توجد مكاشف للصخور الميوسينية على هيئة شريط ضيق على امتداد ساحل البحر الأحمر من جنوب القصير إلى منطقة حلايب بالقرب من الحدود السودانية، وتتواجد بهذه الصخور أجسام عدسية الشكل من رواسب الرصاص والزنك والحديد والمنجنيز والجبس والكبريت وطبقات سميكة من رواسب المتبخرات التي تحتوي على أملاح الصوديوم والبوتاسيوم.

* تظهر صخور الأساس أو القاعدة المعقدة لعصور ما قبل الكمبري في معظم أجزاء الصحراء الشرقية، ويوجد فوقها -في حالة عدم توافق- صخور يرجع عمرها إلى حقب الحياة المتوسطة أو الحياة الحديثة. وتشتمل صخور الأساس عادة على صخور متحولة تداخلت فيها أنواع مختلفة من الصخور النارية بالإضافة إلى بعض المتداخلات الصغيرة والتجمعات الكبيرة من القواطع والتي تختلف في تركيبها المعدني والكيميائي وأعمارها الجيولوجية بدرجة كبيرة. وقد نشأت صخور الأساس خلال أزمنة جيولوجية طويلة جدا. وقد تعرضت الأراضي المصرية خلال هذه الفترة لمراحل عديدة من العمليات الجيولوجية شديدة التعقيد، ومن أمثلتها تداخل الماجما والزلازل والبراكين وعوامل التعرية والنقل والترسيب والتحول والارتفاع والانخفاض والحركات البانية للجبال وغيرها.

* تتميز الخامات المتواجدة في صخور القاعدة بتنوعها الشديد، حيث تعتبر متحفا مفتوحا للخامات ولكن أحجامها صغيرة لدرجة لا تسمح باستغلال معظمها استغلالاً اقتصاديًا.

ويعزى إلى هذه العمليات المختلفة الخصائص المميزة للبنية الجيولوجية للصحراء الشرقية ومواردها المعدنية والتي تظهر مكاشفها في كثير من المواقع على

سطح الأرض مما ساعد على اكتشاف واستغلال بعض هذه الرواسب والتي يذكر منها -على سبيل المثال لا الحصر- تواجد المعادن الآتية:

1 -**منطقة وادي المياه:** ويتواجد بها كميات كبيرة من الجرافيت والرخام الأبيض والأسود، تم استخراج معظمها.

2 -**جنوب القصير:** بمناطق وادي كريم وأم نار وأم خميس وجبل الحديد بالصحراء الشرقية وجبل كامل بالصحراء الغربية، ويتواجد بها خامات الحديد الشرائطية (BIF) ذات الأصل الرسوبي والمتواجدة مع صخور فتاتية ذات أصل ناري وقد تعرضت لعمليات تحول ضعيفة الرتبة.

3 - **مناطق أم سميوكي وحماطة** ودرهيب حيث تتواجد فيها صخور التلك، كما تحتوي أيضًا على طبقات وعدسات من كبريتيدات النحاس والرصاص والزنك.

4 - **مناطق أبو غلقة وأبو ضهر والبرامية التي تحتوي على تجمعات من خامات** الحديد والتيتانيوم الممثل بالإلمنيت والماجنيتيت التيتاني، بالإضافة إلى الكروميت الموجود على هيئة عدسات أو عروق ذات أحجام مختلفة في صخور نارية قاعدية أو فوق قاعدية.

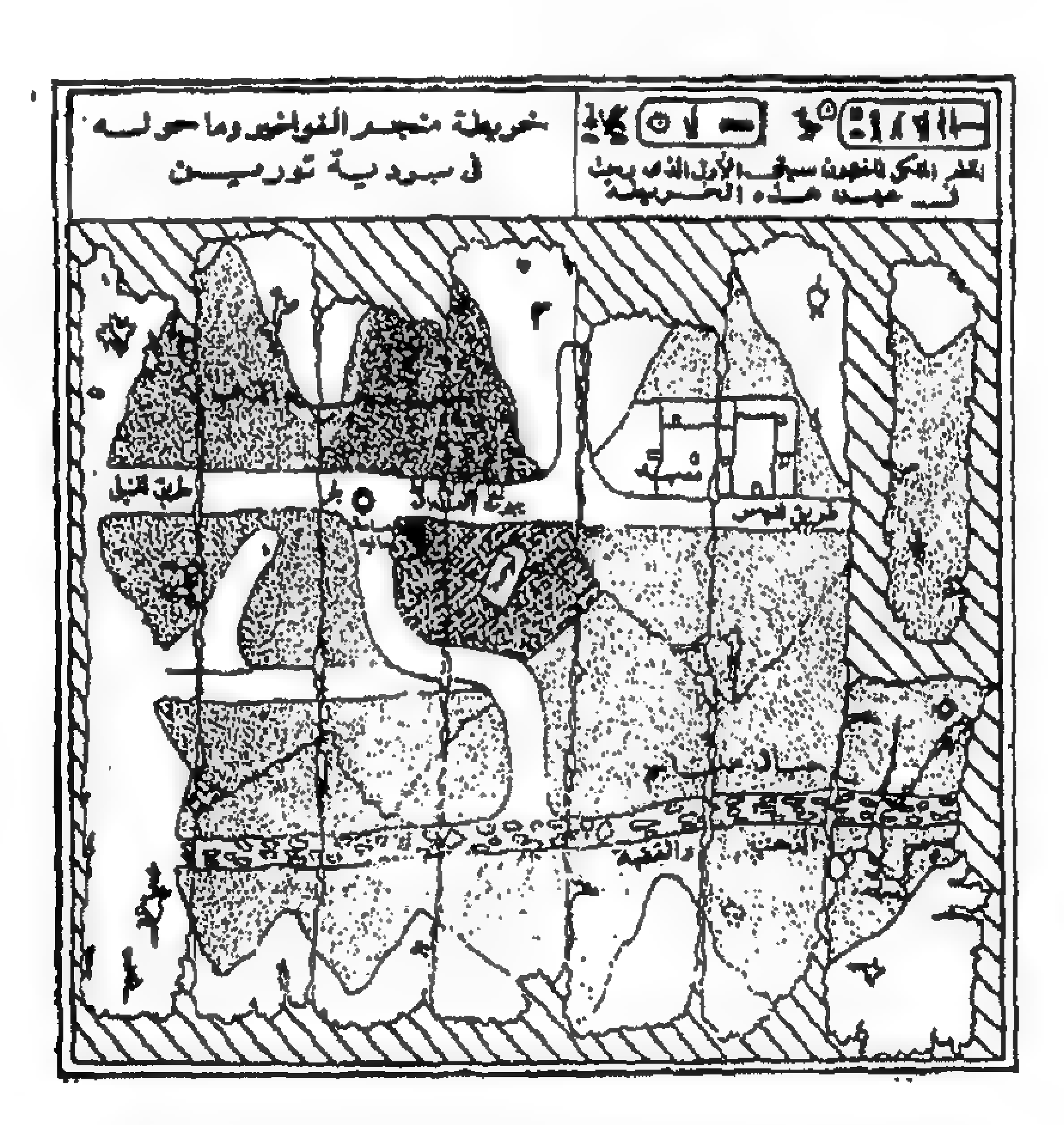
5 - **منطقة جبل أبو خروق**، وتتواجد بها صخور النيفيلين سيانيت، وهو صخر ناري جوفي قلوي تداخل في العصر الطباشيري أو بعد ذلك، ويستخدم في بعض البلدان كمادة أولية لاستخلاص الألمنيوم، والناتج الثانوي به نسبة عالية من معادن الفلزات المشعة مثل اليورانيوم والتنتالوم.

6 - **يوجد النيوبيوم والتنتالوم** على هيئة معدني الكولومبيت $(Fe,Mn)(Cb,Ta)_2O_6$ والتنتاليت منتشرين في صخور الأبوجرانيت في منطقة أبو دباب، والنويبة وأم نجات، ويجري حاليًا الاستعداد لاستغلال هذين المعدنين.

7 - يوجد معدن الزركون في رواقد وادي عطوى بالصحراء الشرقية نتيجة لتحات صخور الجرانيت. وقد أثبتت التحاليل الكيميائية احتواء الرواقد على المعادن

التالية: 0.4 ٪ زركون (11.0 كجم / طن)، كولومبيت (300 جم/ طن)، كاسيتيريت (280 جم/ طن) وإلمنيت (600 جم/ طن).

8 - مناطق عديدة تصل إلى أكثر من 100 موقعًا موزعة في مساحات شاسعة في جنوب ووسط الصحراء الشرقية، وتتواجد بها عروق حاملة لخامات الذهب والفضة والقصدير والتنجستين والمولبدينوم (جميعها مصاحبة لصخور جرانيتية ومتداخلات نارية أحدث عمرًا). وقد تم استغلال معظم العروق الظاهرة والحاملة للذهب في الصحراء الشرقية وصحراء النوبة منذ عصور الفراعنة. ويوضح شكل (6-3) أقدم خريطة عثر عليها لمنجم الفواخير للذهب بين قنا والقصير والتي رسمت في عهد سيتي الأول، وهي محفوظة حاليًا في متحف تورينو بإيطاليا.



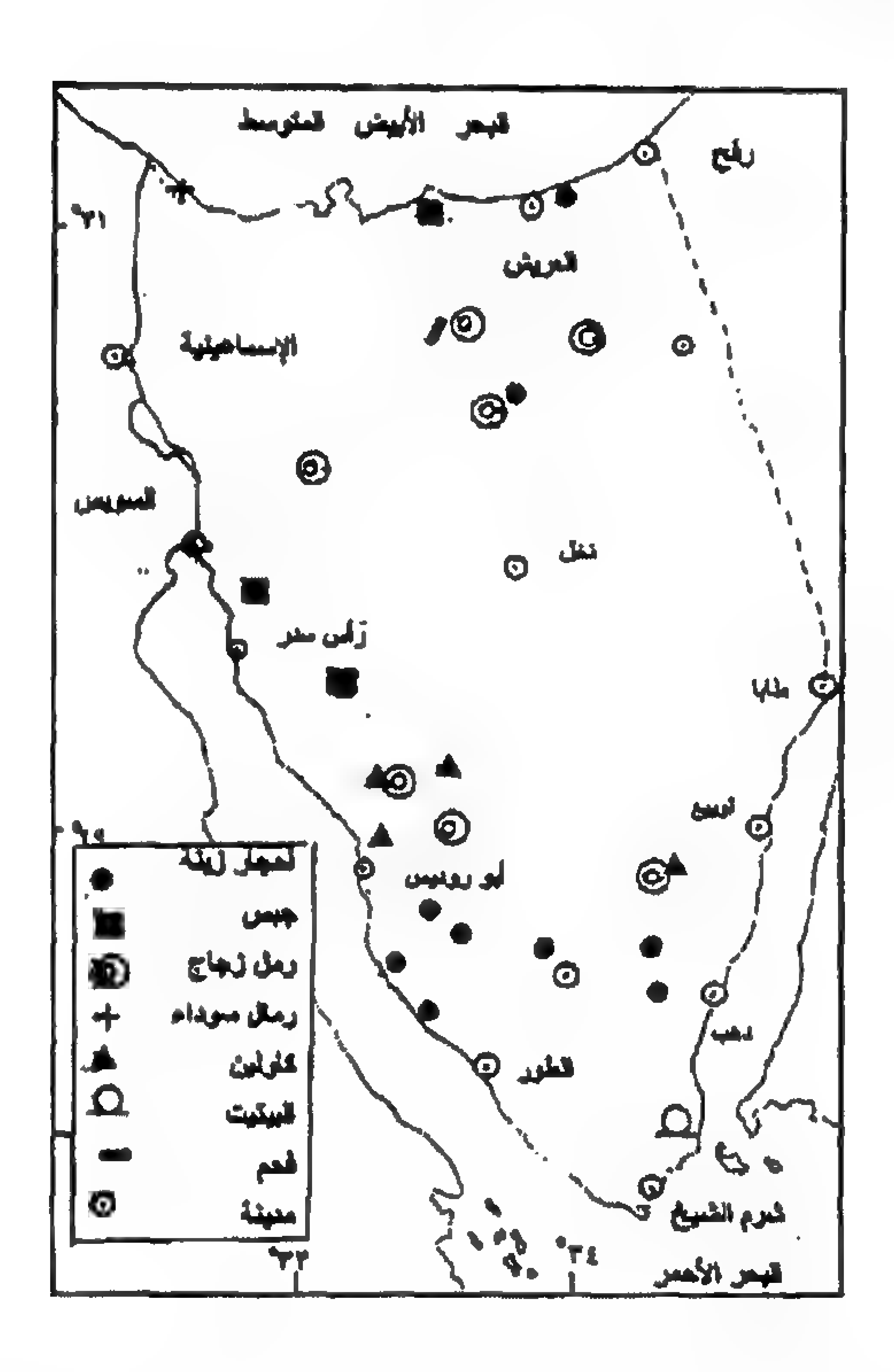
شكل 6-3: أقدم خريطة في العالم لمنجم الفواخير للذهب بمصر.

9 - تنتشر عروق الباريت في جنوب شرق الصحراء الشرقية قاطعة صخور ما قبل الكمبري، وخاصة في منطقة البكرية ووادي نَتش. كما توجد أيضا رواسب للباريت مصاحبة لحديد الواحات البحرية ويجري استغلالها على نطاق ضيق.

10 - منطقة العلاقي (جنوب شرق أسوان) حيث توجد كميات كبيرة من الرخام والتلك والجرانيت، بالإضافة إلى خامات النحاس والنيكل والبلاتين في أبي سُويل ومعدن الذهب في كثير من المواقع، وقد تكونت هذه الخامات في عصور ما قبل الكمبري.

11 - منطقة الشلاتين، وتتواجد بها خامات الكروميت والإلمنيت.

**الرواسب المعدنية في شبه جزيرة سيناء**



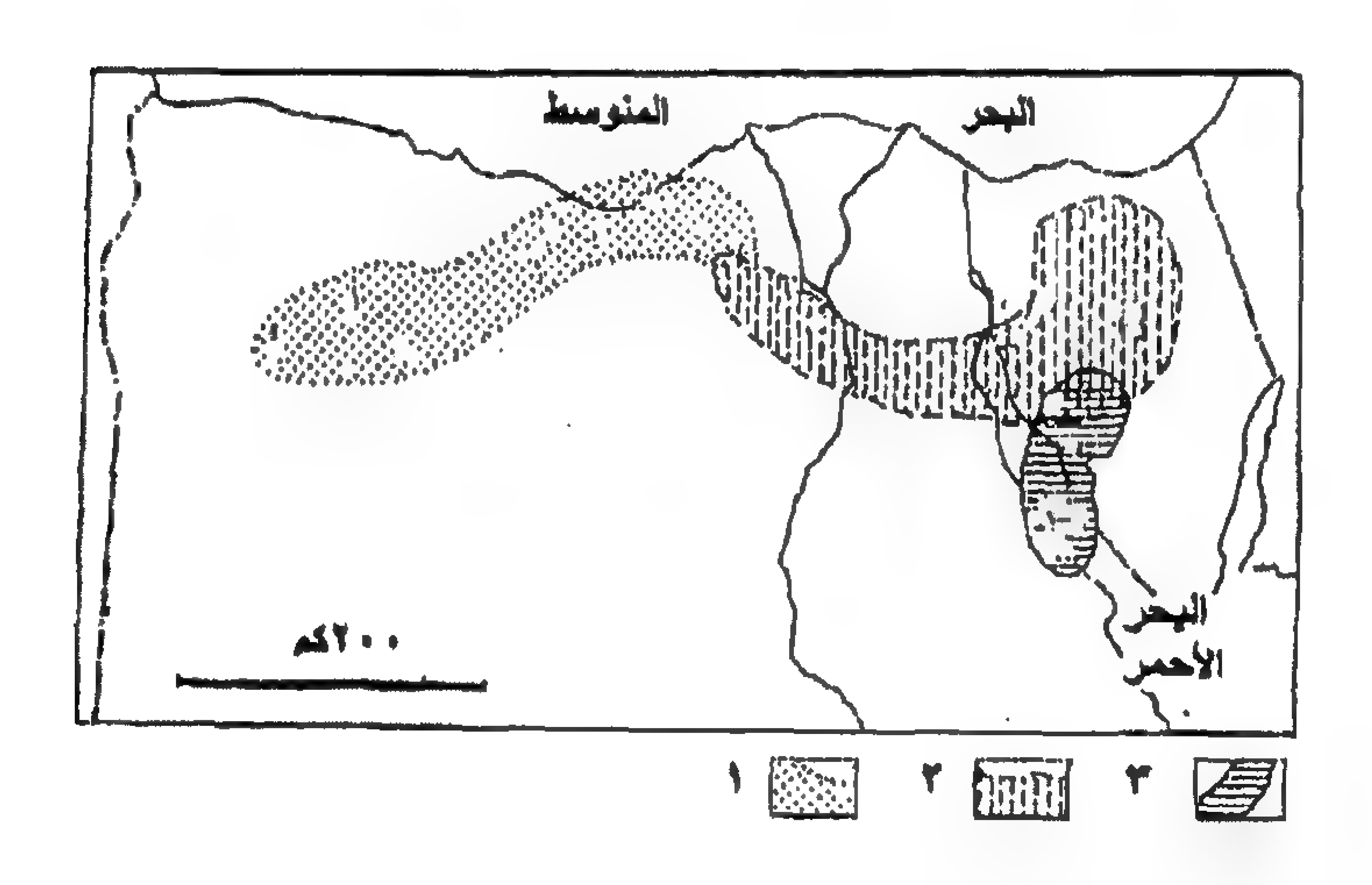

شكل 6-4: توزيع الثروة المعدنية في شبه جزيرة سيناء

تعتبر سيناء من المناطق الغنية بالثروات المعدنية، التي تكون القاعدة الأساسية للتصنيع والتنمية. وأهم الخامات التعدينية، هي البترول والمنجنيز والنحاس والكاولين والرمال البيضاء والألبيتيت (شكل 6-4).

## الفحم

يتميز القطاع الشمالي من سيناء بغطاء من صخور حقب الحياة المتوسطة والحديثة، وتوجد به تكوينات العصر الجوراسي الأوسط والتي تحتوي على طبقات من الفحم يظهر بعضها على سطح الأرض في منطقة المغارة شمال سيناء.

أما في وسط سيناء على الجانب الشرقي لخليج السويس فقد تم العثور على طبقة من الفحم في منطقة عيون موسى على عمق يتراوح ما بين 400 و500 متر تقريبًا، ومتوسط سمك 75–190 سم. والطبقات المحتوية على الفحم تمثل أجنحة طيات محدبة ومقعرة ومزدوجة الغطس، وتتخلل طبقات الفحم رواسب صخرية من الحجر الطيني والرملي، وقد قُدرت الاحتياطات القابلة للاستخراج بنحو 36 مليون طن (شكل 6–5).




شكل 6–5: توزيع تكوينات الفحم في مصر.

1 – فحم في صخور الكربوني الأسفل (سمك أكبر من 2 م)

2 – فحم في صخور الجوراسي الأوسط (سمك من 0.7 إلى 2.0 م)

3 – فحم في صخور الكربوني الأسفل (سمك من 0.5 إلى 2 م)

ويتوافر الفحم في كل من:

1 - المغارة، ويقدر احتياطيه بحوالي 52 مليون طن.

2 - عيون موسى، ويقدر احتياطيه بحوالي 40 مليون طن.

3 - شمال شرق "أبو زنيمة"، ويقدر احتياطيه بحوالي 75 مليون طن.

وفي غرب ووسط سيناء تظهر تكوينات العصر الكربوني الأوسط الحاوية لعدسات وراقات من الفحم في صخور الحجر الرملي والطفلة بمنطقتي بدعة وثورا.

**المنجنيز**: يوجد المنجنيز في جنوب سيناء في منطقة أم بجمة حيث تكوّن بالإحلال التماسي لصخور الدولوميت التابعة لدور الكربوني. وتشير الدراسات إلى أن عملية الإحلال قد حدثت خلال دور الميوسين، ويتواجد الخام في سيناء على هيئة رواسب غير منتظمة الشكل في طبقات أو عدسات يتراوح سمكها بين 1.2 - 4 متر، وتصل إلى أكثر من ذلك في بعض المناطق، والمنجنيز موجود على هيئة بيرولوزيت في صخور الدولوميت والدولوميت الرملي التابعة للعصر الكربوني الأسفل، إلا أنه يُعتقد أن إحلال خام المنجنيز في هذه الصخور حدث خلال عصر الميوسين، ويحتوى الخام في المتوسط على 21.5 ٪ من المنجنيز و26 ٪ من الحديد و5 ٪ من السيليكا.

أما في مناطق الصحراء الشرقية فيتواجد خام المنجنيز على هيئة عروق مالئة للشقوق وقاطعة للصخور النارية والرسوبية ويتراوح السمك ما بين نصف متر إلى مترين، ومعظم هذه العروق رأسية، وتمتد إلى مسافات متفاوتة على السطح، وإلى أسفل وتحتوى في المتوسط على 42 ٪ منجنيز، 5 ٪ حديد، و3 ٪ سيليكا، وقد توقف الإنتاج عام 1990 في منجم أم بجمة بسيناء بسبب تدني جودة الخام المستخرج.

الكبريت: يوجد بين «العريش» و«رفح»، باحتياطي خام 30 مليون طن.

**النحاس**: يوجد في عدة مناطق جنوب غرب سيناء (سرابيط، أبو صوير، أبو رديس، طرفه، فيران).

**الكاولين**: وهو نوع من الطفلة من معدن «الكاولينيت" لونه أبيض، ويستخدم في صناعة الخزف والصيني والطوب الطفلي والأسمنت الأبيض. ويدخل في كثير من الصناعات الأخرى، ويوجد في عدة مناطق في أبي زنيمة وهضبة التيه (بين وادي أبوانسكر ورأس أم قطاتا وحتى نقب الدكنه) ويقدر احتياطيه بنحو 100 مليون طن.

**الرمال البيضاء**: يوجد الخام في الشمال في "جبل الحلال" و"جبل المنشرح" و"جبل المنظور" و"وادي فيللي". وفي الجنوب يوجد في شمال شرق أبوزنيمة، وجبل الجنة. تكونت في الدور الرباعي وتبلغ الاحتياطات مليارات الأطنان ويتميز خامها بنسبة نقاوة عالية، وتصل نسبة السيليكا فيه إلى نحو 99 ٪ وهي تدخل في صناعة الزجاج والكريستال.

**كلوريد الصوديوم**: وهو ملح الطعام، ويتم الحصول عليه بواسطة البخر الشمسي، ومن البحيرات الضحلة.

**الطفلة الكربونية**: وهي رواسب طبيعية تحتوي على مواد كربونية فحمية، توجد في "الطيبة" شرق أبو زنيمة، وتستخدم كوقود في محطات توليد الكهرباء وتصنيع الأسمنت. ويبلغ احتياطيها نحو 75 مليون طن في الكيلومتر المربع.

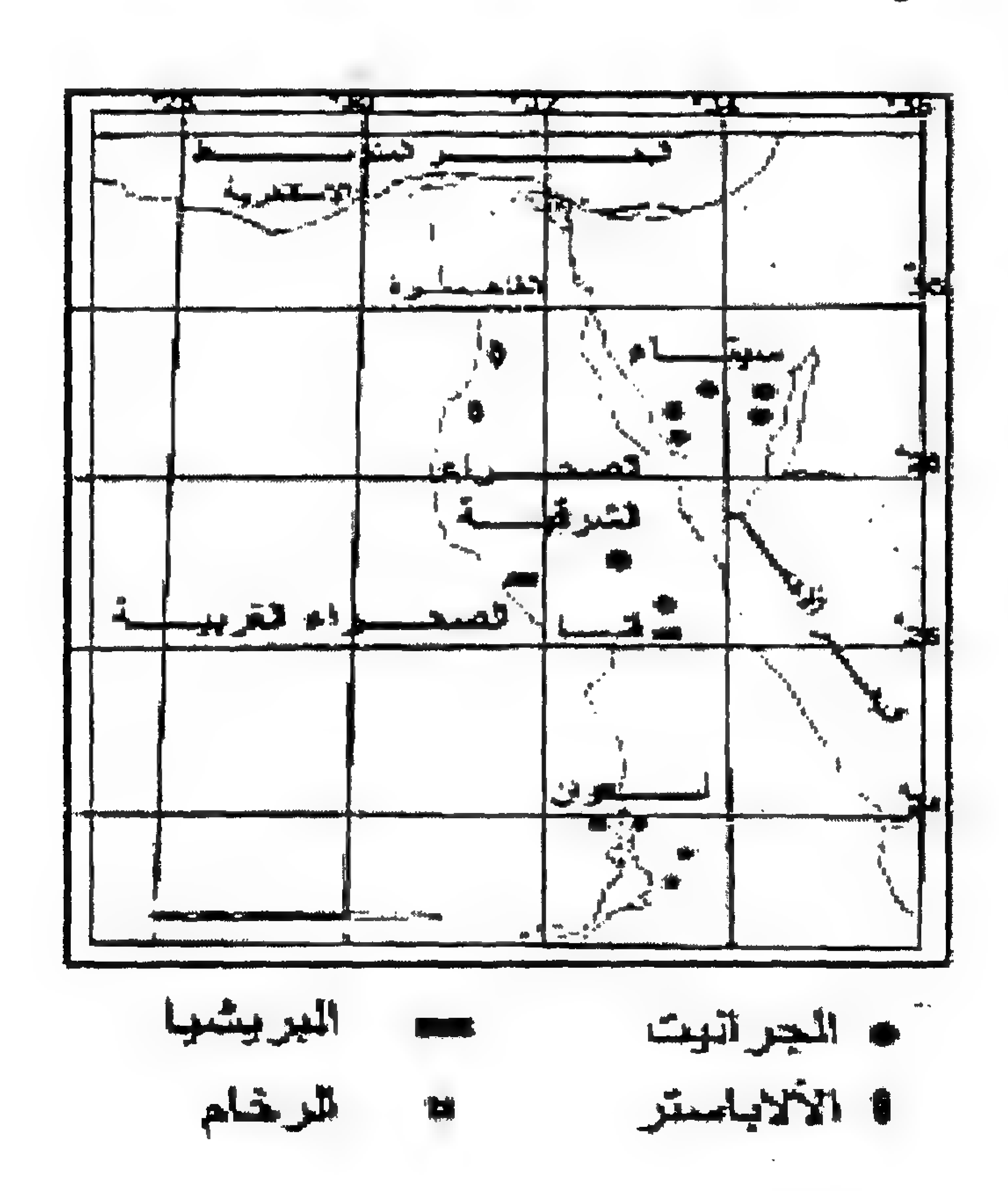
**الألبيتيت**: وهو صخر ناري يستخدم في صناعة الخزف والصيني والحراريات والأدوية، ويوجد في"وادي الطر" شمال شرم الشيخ. ويقدر احتياطيه بنحو 26 مليون طن.

**البنتونيت**: وله أهمية اقتصادية في عمليات حفر آبار البترول والمياه الجوفية، ويوجد بين "عيون موسى" و"رأس سدر". ويقدر الاحتياطي منه بمئات الملايين من الأطنان.

الجبس: ويستخدم في أغراض البناء والتشييد، ويوجد في "رأس ملعب" باحتياطي قدره نحو 200 مليون طن، وفي «وادي الريان» باحتياطي نحو 16 مليون طن.

**أحجار الزينة:**

يوجد الجرانيت والرخام والألبستر في كل من «وادي السد»، و«وادي الزغرة» جنوب غرب خليج العقبة، و«وادي غرندل»، و«وادي النصيرة» شرق خليج السويس (شكل 6-6).




شكل (6-6): أهم أحجار الزينة في مصر

## الذهب في مصر

على الرغم من وجود عشرات المناجم الكبيرة والصغيرة في الصحراء الشرقية بمصر والتي استمر استخراج الذهب منها منذ العصر الفرعوني وحتى منتصف القرن العشرين، فإنه لا يوجد الآن منجم ذهب واحد منتج منذ حوالي خمسين عاما. وكان منجم ذهب الفواخير آخر المناجم والذي توقف الإنتاج فيه عام 1956 م وقد اكتشفت حديثا بعض رواسب الذهب في الصحراء الغربية في منطقة جبل كامل ومنطقة العُوينات.

## الذهب في الصحراء الشرقية

تنقسم أماكن تواجد الذهب في الصحراء الشرقية في صخور ما قبل الكمبرى جغرافيا إلى الخمس مجموعات التالية (شكل 6-7):

1 - المجموعة الشمالية الغربية.

2 - المجموعة الشمالية.

3 - المجموعة الوسطي.

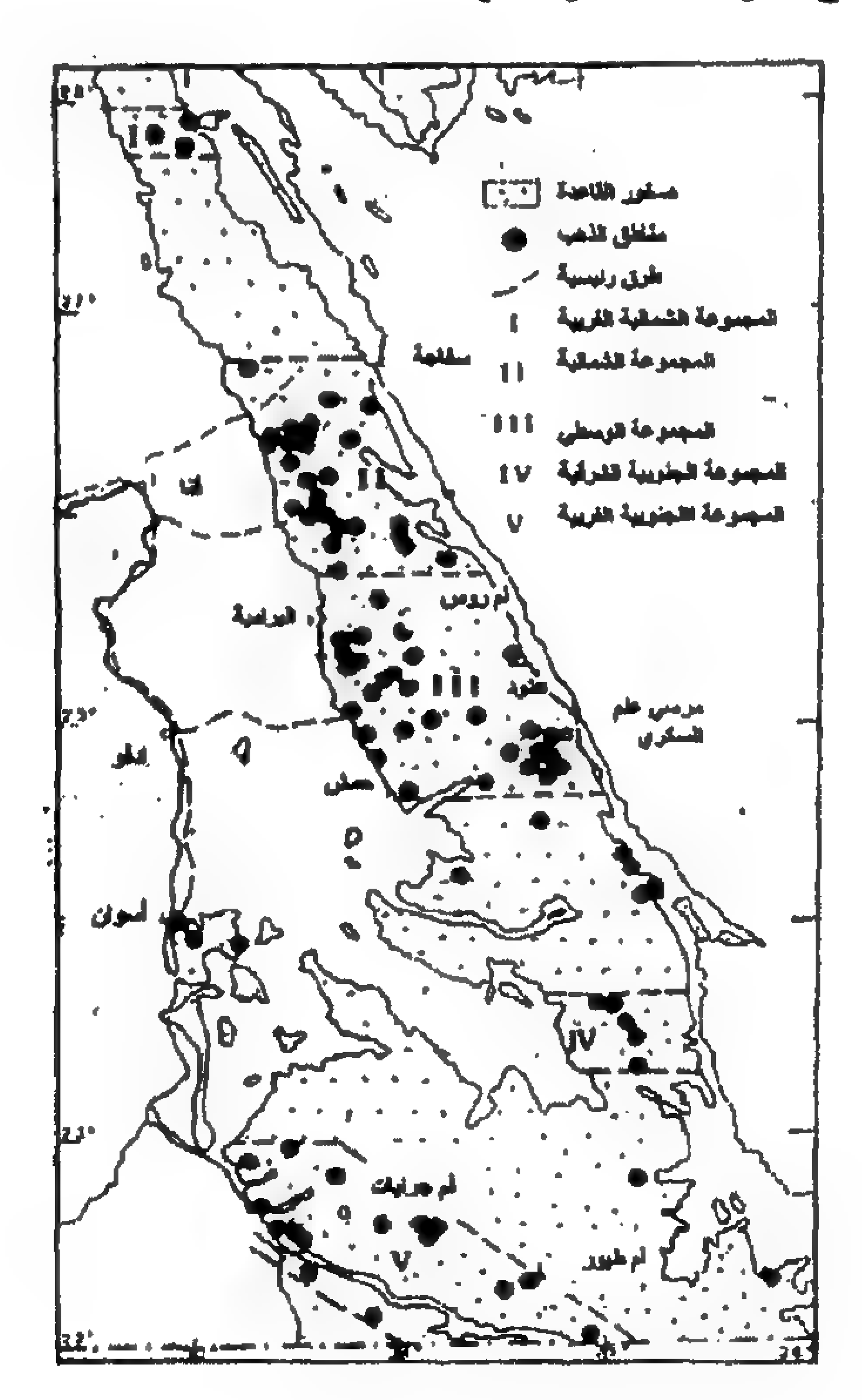
4 - المجموعة الجنوبية الشرقية.

5 - المجموعة الجنوبية الغربية.

وبالرغم من أن الذهب ينحصر وجوده في معظم الحالات في عروق الكوارتز التي تملأ الشقوق وتتكون من الكوارتز الكتلي الذي ينبث فيه الذهب ومعادن الكبريتيدات، إلا أنه توجد بعض الأماكن حيث يكون الخام مصاحبا للقواطع التي تتكون غالبا من صخور الفلسيت على هيئة جزع ناري (ستوك) المكون من عريقات الكوارتز، أو داخل حبيبات البيريت المنبثة خلال القاطع. وتوجد هذه العروق في الكسور والفوالق أو في مناطق التهشيم والتشقق والقص وقد تنتظم على هيئة مجاوزة مع أجزاء ضيقة وانتفاخات.

وتعتبر المجموعة الشمالية (1) التي تضم مواقع السد، الفواخير، أبا مروات، إريديه، سمنة وحمامة والمنطقة الوسطي (3) التي تضم مواقع السكري، عتود وأم الروس وغيرها أغني المناطق التي يوجد بها الذهب، ففي البرامية، عتود، أم الروس والسكري يتراوح سمك المناطق المتمعدنة بالذهب من 15 إلى 20 مترا وتمتد إلى مسافات كبيرة، وتوجد في مناطق البرامية، السكري، أم عود عتود، الهنجلية، أم الروس وحمش بقايا النشاط التعديني القديم والنفايات المتخلفة عن طحن الصخور.

ويمثل راسب الذهب في منطقة السكري واحدًا من أكبر رواسب الذهب الموجودة في صخور ما قبل الكمبري في مصر. والصخور المنتشرة في منطقة السكري والحاملة للذهب صخور فلسية دقيقة التحبب تعرضت لعمليات تغير شديدة ويتخللها عدد كبير من عروق الكوارتز.




شكل 6-7: أماكن تواجد الذهب في الصحراء الشرقية.

يوجد الذهب في منطقة السكري في مجموعة من صخور الميكروديوريت في منطقة تصدع، وتعرض كثيرًا لعمليات التغير. وتوجد أيضًا صخور فلسية دقيقة التحبب غير معروفة الأصل. وقد تعرضت الصخور لصدع يفصلها عن صخور بركانية متحولة تسمي بورفيري السكري، ويحتوي هذا الصخر على بلورات من الكوارتز يصل قطرها إلى 5 مم تقع في أرضية من الكوارتز والفلسبار وبعض المعادن المافية. وصخور السكري غالبًا دقيقة الحبيبات وأحيانًا دقيقة التجانس ولا تري بالعين المجردة، وقد تغيرت بالتحوال ومتمعدنة بالذهب بنسب ضئيلة، إلا أن أعمال التعدين القديمة كانت تستخرج صخورًا تحتوي على حوالي 10 جرام ذهب في الطن الواحد.

### منجم الذهب بمنطقة السكري بالصحراء الشرقية

ينتمي تمعدن الذهب في منطقة السكري إلى مجموعة عروق الكوارتز المصاحبة لجزع ناري (Stock) والتي تكونت في صخور فلسية بورفيرية صامدة، وهذه الصخور تهشمت في بعض الأماكن وتغيرت هذه البريشيا وتمعدنت بالذهب والبيريت، مع سَلسلة وتغير كلوريتي وسيريسيتي.

يتميز بورفيري السكري بأنه صخر صلب، متورق ويمتد ناحية الشمال، وتتيح مناطق التهشم الظروف للتغير السيليسي والتغير الكربوناتي، وانتشار عروق وتمعدن البيريت. تميل هذه العروق 30 إلى 60 درجة ناحية الشرق في المنطقة الجنوبية للخام.

وتوجد مكاشف كثيرة لعروق بورفيري الكوارتز والفلسبار في الصخور البركانية خفيفة التحول في التلال شرق وشمال شرق جبل السكري، وفي أماكن كثيرة توجد هذه القواطع والحوائط المتاخمة في حالة تغير شديد إلى السيريسيت والكربونات وتحتوي على رتب مختلفة من الذهب مع عروق الكوارتز.

وقد تأكد من عشرات الآبار التي حفرت في منطقة السكري مؤخرًا أن الذهب موجود منبثا في معظم الصخور، والبرنامج الجديد لاستغلال المنطقة يأخذ بطريقة المنجم المكشوف واستخراج الذهب من كميات هائلة من الصخور، والجدول رقم (6-1) يعطي بيانا بنسب تركيز الذهب وتصنيف الاحتياطي الموجود.

جدول 6-1: بيان باحتياطي الذهب في منجم السكري.

| إجمالي طن ذهب (جم/ طن) | محتمل طن ذهب (جم/ طن) | مؤكد طن ذهب (جم/ طن) | تركيز الخام (جم/ طن) |
|---|---|---|---|
| 2,657,000 | 1,304,000 | 1,353,000 | |
| 0.90 | 0.91 | 0.89 | 0.8 - 1.0جم/ طن |
| 9,891,000 | 4,828,000 | 5,063,000 | أكثر من جرام في الطن |
| 2.07 | 2.07 | 2.07 | |
| 12,548,000 | 6,132,000 | 6,416,000 | إجمالي 0,8 جم/ طن |
| 1.82 | 1.82 | 1.82 | |

## الذهب في الصحراء الغربية

أُكتشف مؤخرًا خام الذهب في جبل كامل في مناطق التغير المحيطة بصخور النيس والجرانيت، وفي عروق الكوارتز، ويبلغ سمك منطقة التغيّر ما بين 5 و50 مترًا، ويمتد طولها حوالي 3 كم. وأثبتت التحاليل الكيميائية تواجد معدن الذهب بنسبة تتراوح بين نصف و5 جم في الطن الواحد في هذه المنطقة، ويوضح الجدول رقم (6-2) نتائج التحليل الكيميائي للصخور الحاوية على الذهب.

جدول 6-2: نتائج التحليل الكيميائي للصخور الحاوية علي الذهب في جبل كامل بالصحراء الغربية.

| المعدن | النسبة المئوية جم/ طن |
|---|---|
| الذهب | 5.4 - 0.30 |
| الفضة | 5.1 - 0.10 |
| الرصاص | 60.0 - 10.3 |
| الزنك | 154.5 - 9.60 |
| النحاس | 326.8 - 12.00 |
| المولبيدنوم | 54.4 - 6.00 |

# الفصل السابع

## النشاط التعديني في مصر

تحتوى الأرض المصرية على العديد من الخامات والرواسب المعدنية، وكان لصناعة التعدين ولا يزال الأثر الكبير في تدعيم الاقتصاد القومي، وذلك عن طريق توفير الخامات الأولية اللازمة للصناعات المحلية المختلفة مثل صناعة الحديد والصلب والأسمدة والأسمنت وغيرها، ثم المساهمة في تعمير الصحراء والتي تبلغ 96 ٪ من مساحة مصر وزيادة الرقعة المسكونة وفتح آفاق عمل جديدة. ويشتمل النشاط التعديني في مصر على المناجم، المحاجر، والملاحات (جدول 7-1).

جدول (7-1): كمية الإنتاج من خامات المناجم والمحاجر في مصر.

الفترة من 1998.7.1 حتى 1999.6.30

. كمية الأنتاج : بالمليون طن

| خامات مناجم | |
|---|---|
| نوع الخام | كمية الأنتاج |
| | |
| الفوسفات | 1.16 |
| الحديد | 3.3 |
| المنيت | 0.063 |
| كوارتز | 0.103 |
| كاولين | 0.314 |
| البانيت | 0.080 |
| فلسبار (عروق) | 0.285 |
| فلسبار (وديان) | 0.073 |
| خامات أخرى | 0.122 |
| الأجمالى | 5.5 |

| خامات محاجر | | |
|---|---|---|
| الخام | الأنتاج مليون م٣ | الأنتاج مليون طن |
| حجر جيرى | 27.3 | - |
| حجر جيرى صلب | 0.9 | - |
| دولوميت | - | 3.8 |
| رمال عادية | 21 | - |
| طفلة | - | 10 |
| زلط وتربة زلطية | 12.6 | - |
| جرانيت | 0.039 | - |
| جبس | - | 2.7 |
| طينة حرارية | - | 0.304 |
| أخرى | 1.361 | 0.896 |
| الأجمالى | 63.2 | 17.7 |

المصدر : تقرير المناجم والمحاجر والملاحات عامي ٩٦/٩٧ - ٩٧/٩٨ - القاهرة ٢٠٠٠م.

وتشير إحصاءات عام (2003 ـ 2004) إلى أن قيمة إنتاج خامات المناجم بلغت نحو مليون ونصف المليون طن بقيمة إجمالية نحو250 مليون جنيه، وتبلغ

قيمة الخامات المصدرة نحو240 مليون جنيه إلى دول اندونيسيا والهند وماليزيا وبنجلاديش وسوريا وهولندا واستراليا ونيوزيلندا واليابان وأسبانيا والنرويج وتونس وتركيا والنمسا وفرنسا.

كما تشير نفس الإحصاءات إلى أن قيمة إنتاج خامات المحاجر نحو 500 مليون جنيه وبلغت قيمة الصادرات من خامات المحاجر نحو 300 مليون جنيه إلى دول الصين وايطاليا وتركيا والهند واليونان والسعودية والإمارات والبرتغال.

وتنتشر في صحراء مصر الشرقية وجنوب سيناء باحتياطات جيولوجية كبيرة ولها سوق عالمية، بالإضافة إلى خامات الحجر الجيري فائق النقاوة والذي يتوافر باحتياطات ضخمة ويستخدم في العديد من الصناعات مثل الورق والبلاستيك والمواد اللاصقة وتكرير السكر، وتزيد احتياطاته علي400 مليون طن، بالإضافة إلى خامات الفوسفات منخفض الدرجة الذي تتراوح نسبة خامس أكسيد الفسفور به مابين20 ـ 25.5 ٪ وتتوافر في محافظات أسوان وقنا، والبحر الأحمر وباحتياطات تصل إلى نحو100 مليون طن، كما يتوافر أيضًا خامات رمال الزجاج وتنتشر في محافظة البحر الأحمر وجنوب سيناء بكميات اقتصادية وتحتوي هذه الدرجة من الرمال على خام الكاولين بنسب مختلفة والذي يمكن فصله لاستخدامه في الأغراض الصناعية وبفضله تتحسن مواصفات الرمال.

إن أحجار الزينة شهدت طفرة هائلة في الصناعة والتصدير وتعتبر من أهم مصادر الثروة المحجرية في مصر وتتوافر باحتياطات هائلة، وقد بلغت الاستثمارات في صناعة الأحجار 9 مليارات جنيه وارتفعت قيمة الصادرات إلى 335 مليون دولار، ومن المتوقع أن تصل إلى مليار دولار بحلول العام 2010 وسيتم تحديث البنية الأساسية لمناطق المناجم والمحاجر وزيادة مساحة رخص المناجم والمحاجر وتوفير التمويل اللازم لتطوير معدات التحجير الحديثة من أجل الارتقاء بمستوي الإنتاج وزيادته.

وبالرغم من التنوع الكبير في الخامات الموجودة بالصحارى المصرية إلا أن معظمها يوجد بكميات صغيرة ليس لها جدوى اقتصادية، لذلك يمكن القول أن صحراء مصر غنية بالمعادن الفقيرة. وفي ما يلي عرض موجز للخامات المعدنية ومواد البناء وأحجار الزينة التي يجرى حاليا استخراجها من المناجم والمحاجر المصرية.

## خامات المناجم المستغلة

### *الخامات الفلزية*

#### 1- الحديد:

يستخرج الحديد من مناجم الجديدة بالواحات البحرية، حيث يتواجد الخام في الأجزاء العليا من المنطقة على هيئة طبقة سميكة أفقية، أو قليلة الميل، يتراوح سمكها من 1 – 27 مترا بمتوسط 11 مترًا، ويحتوى الخام على 48 – 61 ٪ حديد بمتوسط 52 ٪ و5–9 ٪ سيليكا، ويتكون من معدن الهيماتيت والجوثيت والهيدروجوثيت. وتبلغ الاحتياطيات القابلة للاستغلال في تلك المواقع نحو 140 مليون طن، وتستخرج خامات الحديد بتلك المنطقة بواسطة المناجم المكشوفة المزودة بالآلات والمعدات اللازمة لاستخراج ونقل أربعة ملايين طن سنويًا من خامات مناجم الواحات البحرية، ولقد بلغت الطاقة الإنتاجية في عام 1997 من مناجم الواحات نحو 3.3 مليون طن.

#### 2- أكاسيد الحديد (ألوان):

تستخرج أكاسيد الحديدمن عدة مناطق على ساحل البحر الأحمر وفى الواحات الداخلة بالصحراء الغربية، حيث تتواجد على هيئة طبقات أفقية تقريبًا بسمك يبلغ المترين، ومرتكزة على صخور الحجر الرملي النوبي. والخام من النوع الهش ويحتوى على 65 – 75 ٪ حديد، 7–17 ٪ سيليكا ويستخرج يدويا بطرق بدائية، وبلغ الإنتاج عام 1990 نحو مائة طن، استخدمت محليًا في صناعة البويات والبلاط الملون والبياض.

### 3- معادن الرمال السوداء:

وتوجد على ساحل البحر الأبيض المتوسط بين الإسكندرية ورفح، وتحتوى هذه الرمال على معادن الإلمنيت والماجنيتيت والزركون والروتيل والجارنت والمونازيت، ويقدر الاحتياطي الموجود شرقي رشيد بحوالي 9 مليون طن، ويجرى حاليًا فصل هذه المعادن على نطاق ضيق بواسطة هيئة المواد النووية المصرية.

### 4- الكروميت:

يستغل الكروميت من بعض المناطق بوسط وجنوب الصحراء الشرقية على نطاق ضيق بعد استنزاف للعدسات الكبيرة الظاهرة على سطح الأرض في صخور السربنتين بسمك 1.5-2.5 ٪ متر، وتمتد في العمق لمسافات متفاوتة. ويحتوى الكروميت على 35 - 45 ٪ أكسيد الكروم. ويستغل بطريقة المناجم المكشوفة أو تحت الأرض بحسب الظروف، ثم يفرز يدويًا لفصل الشوائب، وقد بلغ الإنتاج عام 1980 نحو 500 طن استخدمت محليًا في صناعات الحراريات والصلب والصناعات الكيميائية والطلاء الكهربائي.

### 5- التيتانيوم

يتمثل الخام الرئيسي لعنصر التيتانيوم في معدن الإلمنيت الذي يتكون من أكسيد حديد وتيتانيوم ويوجد الإلمنيت في عدة مواقع بمصر أهمها منطقة أبو غلقة وأبو ضهر بالصحراء الشرقية.

كما يوجد الإلمنيت أيضًا كأحد مكونات الرمال السوداء التي تركّزت بفعل الرياح والأمواج في شمال الدلتا بين رشيد والعريش ويستخدم التيتانيوم في صناعة سبائك الصلب والطلاء ويشكل التيتانيوم وسبائكه العصب الرئيسى لصناعة الطائرات.

1- الفوسفات:

تقع مصر ضمن حزام الفوسفات التابع للعصر الطباشيري الأعلى، والذي يمتد من بلاد الشام شرقًا إلى مصر ثم إلى المغرب العربي، وكان الفوسفات يستغل بوفرة في القرن الماضي من مناطق سفاجا والقصير والحمراوين على ساحل البحر الأحمر من مناجم تحت سطحية، إلا أن الإنتاج قد تضاءل وأصبح قاصرًا على بعض المناجم الصغيرة المكشوفة، كما كان الفوسفات يستغل في مناطق السباعية شرق وغرب وادي النيل، أما الآن فالإنتاج قاصر على مناجم صغيرة مكشوفة. ويوجد الفوسفات في مناطق الاستغلال على هيئة طبقات أفقية أو قليلة الميل، بسمك من 0.7 – 1.8 مترا. وعمومًا فخامات الفوسفات المستغلة تعتبر من الأنواع المنخفضة الدرجة عالميًا، حيث تحتوى على 55 – 62 ٪ ثلاثي فوسفات الكلسيوم، وهى بشكل عام هشة أو متوسطة الصلابة، وقد بلغ إنتاج الفوسفات في عام 1997 نحو مليون طن من الفوسفات الصخري والمطحون، ويستخدم الفوسفات الصخري المستخرج من مناطق وادي النيل لسد احتياجات السوق المحلى من الخامات اللازمة لصناعة سماد السوبر فوسفات، وكذلك يستخدم الفوسفات في صناعة الحديد والصلب وصناعة المبيدات الحشرية، أما خامات البحر الأحمر فيصدر إنتاجها إلى بلاد الشرق الأقصى، ويتم كذلك تصدير بعض خامات وادي النيل إلى أوربا.

ويعتبر فوسفات أبو طرطور الواقع غرب مدينة الخارجة بالصحراء الغربية أكبر احتياطي موجود في مصر، والذي يبلغ حوالي ألف مليون طن. ولازالت الدراسات تجري على أنسب الطرق لاستخراج الخام ومعالجته، نظرًا لأنه يحتوي على بعض الشوائب غير المرغوبة وخاصة البيريت.

2- الكاولين:

يستغل الكاولين في مناطق أبو الدَرَج على ساحل خليج السويس وكلابشة

جنوب غرب أسوان وجنوب سيناء. وتوجد خامات الكاولين على هيئة طبقات أفقية بشكل عام تتخللها طبقات رملية، والعمر الجيولوجي لهذه الخامات هو الطباشيري الأعلى، وتبلغ الاحتياطيات القابلة للاستخراج نحو ستة ملايين طن، تستخرج بواسطة المناجم تحت الأرض في سيناء والمناجم المكشوفة في أبي الدرج وكلابشة، وتجرى على المنتجات عمليات الفرز اليدوي لتنقيتها من الشوائب،ويتم تصنيفها على حسب نسبة الألومينا والحديد الموجود بها، ويستخدم الكاولين حاليًا في الصناعات المحلية مثل الخزف والصيني والحراريات وقوالب التشكيل والورق والمطاط والأسمنت الأبيض وإزالة الألوان من الزيوت المعدنية والشحوم، وفى الصناعات الدوائية.

### 3- الفحم:

توقف العمل في منجم المغارة شمال سيناء لأسباب اقتصادية وتسويقية، وكان مخططًا أن تجرى عمليات الفرز اليدوي والتكسير والغربلة والغسيل لإنتاج فحم بالمواصفات الآتية: 50.7 ٪ مواد متطايرة 37.9 ٪ كربون ثابت و6.5 ٪ رماد و3.2 ٪ كبريت و4.9 ٪ رطوبة.

### 4- الكوارتز:

يتواجد الكوارتز على هيئة عروق أو كتل تمتد بأطوال تصل إلى 100 مترا وبعرض 1-4 مترا وارتفاع 1.5 - 2 مترا، ويحتوى على 97 - 99 ٪ سيليكا، 1 ٪ حديد، 0.5 ٪ ألومينا، ويستخرج الكوارتز بواسطة المناجم المكشوفة من مناطق شرق أسوان ووسط الصحراء الشرقية، ويجرى على الخام المستخرج عمليات فرز يدوى لتصنيف الكوارتز طبقًا لاحتياجات الصناعات المختلفة، وقد بلغ الإنتاج عام 1997 نحو 100 ألف طن. يدخل الكوارتز النقي في صناعة الزجاج والكريستال والحراريات والفيروسيليكون.

5- التلك (الطلق):

يستخرج التلك من جنوب الصحراء الشرقية (أشهرها منجم حماطة) ووسطها حيث يتواجد على هيئة عروق وعدسات رأسية داخل مناطق الصخور المتحولة (الشيست والسربنتين)، وتمتد العروق إلى حوالي 50 مترًا وعرض 0.2 – 5 مترا وإلى أعماق تصل إلى 80 مترًا تحت سطح الأرض. ومعدن التلك أقل المعادن صلابة، وملمسه دهني وله بريق ولمعان ويتدرج لونه بين الأبيض والأخضر ويحتوى على 27 – 30 ٪ أكسيد ماغنسيوم، 59 – 63 ٪ أكسيد سيليكا، 1.5 – 2 ٪ حديد، 1.5 – 2 ٪ ألمنيوم، و1.5 – 2 ٪ أكسيد كالسيوم. ويستخرج التلك بواسطة مناجم تحت سطحية باستثناء بعض المناطق التي يستغل فيها بطريقة المنجم المكشوف، عن طريق تتبع امتدادات العروق والعدسات في جميع الاتجاهات. ويجرى على الخامة المستخرجة فرز يدوى لفصل الشوائب وتصنيف التلك إلى عدة درجات طبقًا لدرجة صلابته وملمسه ودرجة البياض وفاقد الحريق ونسب أكاسيد المغنسيوم والكالسيوم والحديد...إلخ، وقد بلغ الإنتاج عام 1997 نحو 4 آلاف طن، يصدر بعضها ويستغل الباقي في الصناعات المحلية مثل العوازل الكهربائية والورق ومستحضرات التجميل والمنسوجات والأدوية والمبيدات الحشرية والكاوتشوك والخزف والصيني والبلاستيك وتبييض الأرز ودباغة الجلود والبويات والأصباغ وشموع الاحتراق.

6- البنتونيت:

يستخرج البنتونيت من بعض المناطق حول بحيرة قارون بالفيوم، وبالقرب من طريق القاهرة الإسكندرية الصحراوي، حيث يتواجد على هيئة طبقة أفقية قريبة من سطح الأرض، بمتوسط سمك متر واحد تقريبًا، تعلوها طبقات من الحجر الجيري والطفلة والحجر الرملي. ويحتوى البنتونيت على 49 – 54 ٪ سيليكا، 22 ٪ ألومينا، 3–5 ٪ أكسيد كالسيوم، 1 ٪ أكسيد مغنسيوم، 2 ٪ أكسيد صوديوم، ويستخرج هذا الخام بطريقة المنجم المكشوف، وكان الإنتاج عام 1990 نحو64000 طن، استخدمت محليًا في عمليات الحفر بحثًا عن البترول والمياه الجوفية وأعمال المسابك.

7- الفلسبار:

يوجد الفلسبار في عدة مناطق بشرق أسوان ووسط الصحراء الشرقية، حيث يتكون المعدن على هيئة عروق وكتل ضمن صخور البجماتيت التي تمتد إلى مسافات تصل إلى 500 مترا، وبعضها لا يتجاوز العشرة أمتار، وتتفاوت العروق في العمق والميل والارتفاع. يحتوى المعدن على 64 - 73 ٪ سيليكا، 14 - 20 ٪ ألومينا، 8 - 14 ٪ أكسيد بوتاسيوم، 0.1 - 1 ٪ أكسيد حديد، 1.5 - 4٪ أكسيد صوديوم، وقد بلغ الإنتاج عام 1997 حوالي 275 ألف طن بطريقة المنجم المكشوف، كما يوجد الفلسبار في كثير من وديان الصحراء الشرقية ويجري استغلالها على نطاق ضيق، وبلغ الإنتاج عام 1997 نحو 73 ألف طن، ويستخدم الفلسبار محليًا في صناعات الخزف والصيني والحراريات والعوازل الكهربائية والزجاج.

8- الطينة الدياتومية:

يستخرج الدياتوميت من منطقة كوم أوشيم بالفيوم حيث يتواجد على هيئة طبقات أفقية، تظهر بيضاء اللون على السطح ثم يتحول لونها إلى الرمادي تحت السطح، بسمك نحو متر واحد، والطينة الدياتومية خفيفة وهشة، وبها شقوق عند السطح، نتيجة جفافها بعد ترسيبها، وقد تمتلئ بالرمال المنقولة، وتحتوى هذه الخامة على نحو 67 ٪ سيليكا، 3-6 ٪ أكاسيد حديد وألومينا، وتستغل بطريقة المنجم المكشوف يدويًا، ثم تفرز لفصل الشوائب، والإنتاج محدود ولا يتجاوز 500 طن سنويًا، تستخدم محليًا في صناعة الحراريات والبويات والطوب والمبيدات الحشرية وتكرير البترول وتنقية السكر والزيوت والورق والبلاستيك.

9- الفلورسبار:

يستغل هذا المعدن من مناطق عديدة وسط الصحراء الشرقية حيث يتواجد على هيئة عروق، قاطعة للصخور الجرانيتية، ويصل سمكها إلى مترين تقريبًا، ويتكون هذا المعدن من 65 إلى 90 ٪ فلوريد الكالسيوم، 0.4 ٪ حديد، ويستخرج بواسطة المنجم المكشوف.

### 10- الأسبستوس والفرمكيوليت:

يوجد الأسبستوس في عدة مناطق وسط الصحراء الشرقية، أشهرها منطقة حفافيت، على هيئة ألياف رفيعة في عروق قليلة السمك ضمن صخور السربنتين والشيست، وهو من النوع الابرى قصير التيلة، ويتواجد الفرمكيوليت على هيئة صفائح رقيقة مصاحبة للأسبستوس يمكن فصلها بسهولة، ويحتوى الأسبستوس على 43-53 ٪ سيليكا، 2 ٪ ألومينا، 28 ٪ أكسيد مغنسيوم، بينما يتكون الفرمكيوليت من 35 ٪ سيليكا، 14 ٪ ألومينا، 21 ٪ أكسيد مغنسيوم، وقد بلغ الإنتاج عام 1980 نحو 1300 طن أُستخدمت محليًا في صناعة العوازل الحرارية والأرضيات والأسقف العازلة وتيل الفرامل وأنابيب الأسبستوس الأسمنتي وتغليف مواسير البخار وعوازل الصوت ومواد البناء خفيفة الوزن، والملابس الواقية من الحرائق. وقد توقف استخراج الأسبستوس تمامًا بعد أن ثبت أنه عدو للبيئة ويسبب أضرارًا بالغة للإنسان.

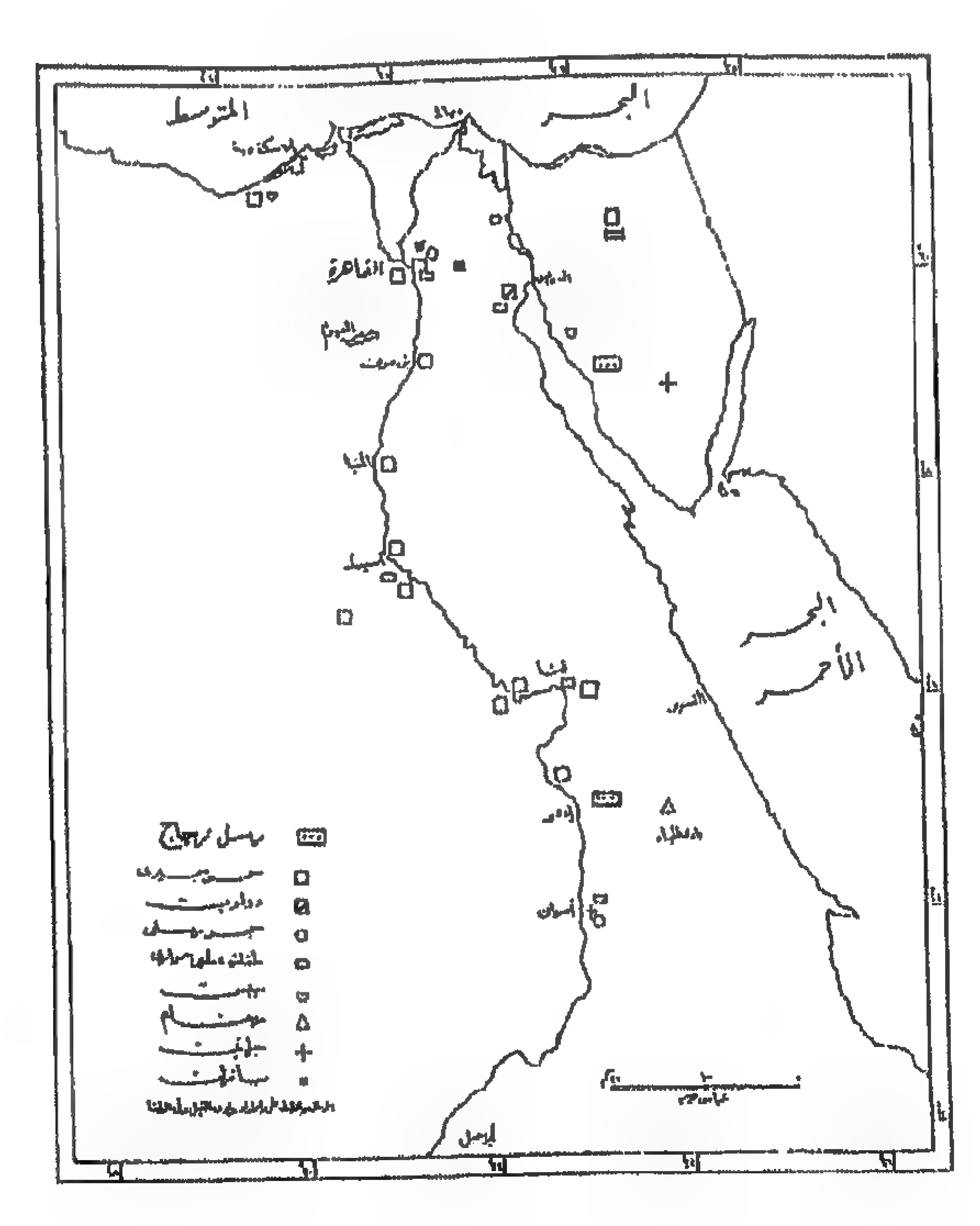
### 11- الباريت:

يستغل الباريت من مناطق كثيرة وسط الصحراء الشرقية وساحل البحر الأحمر وشرق أسوان، حيث يتواجد على شكل عروق ظاهرة على السطح تقطع الصخور النارية وتمتد لمسافات تصل إلى 100 مترًا وبسمك يبلغ المترين. كما يستغل الباريت المصاحب لحديد الواحات البحرية كناتج ثانوي، والباريت أبيض اللون يميل إلى اللون الأحمر تبعًا لمحتواه من الشوائب. ويتكون الباريت من 95 ٪ كبريتات الباريوم، ويستخرج بواسطة المناجم المكشوفة والمناجم تحت السطحية ويبلغ الإنتاج حوالي 400 طنًا سنويًا، تستخدم محليًا في صناعات الزجاج والسيراميك وأعمال حفر آبار البترول.

### *خامات المحاجر المستغلة*

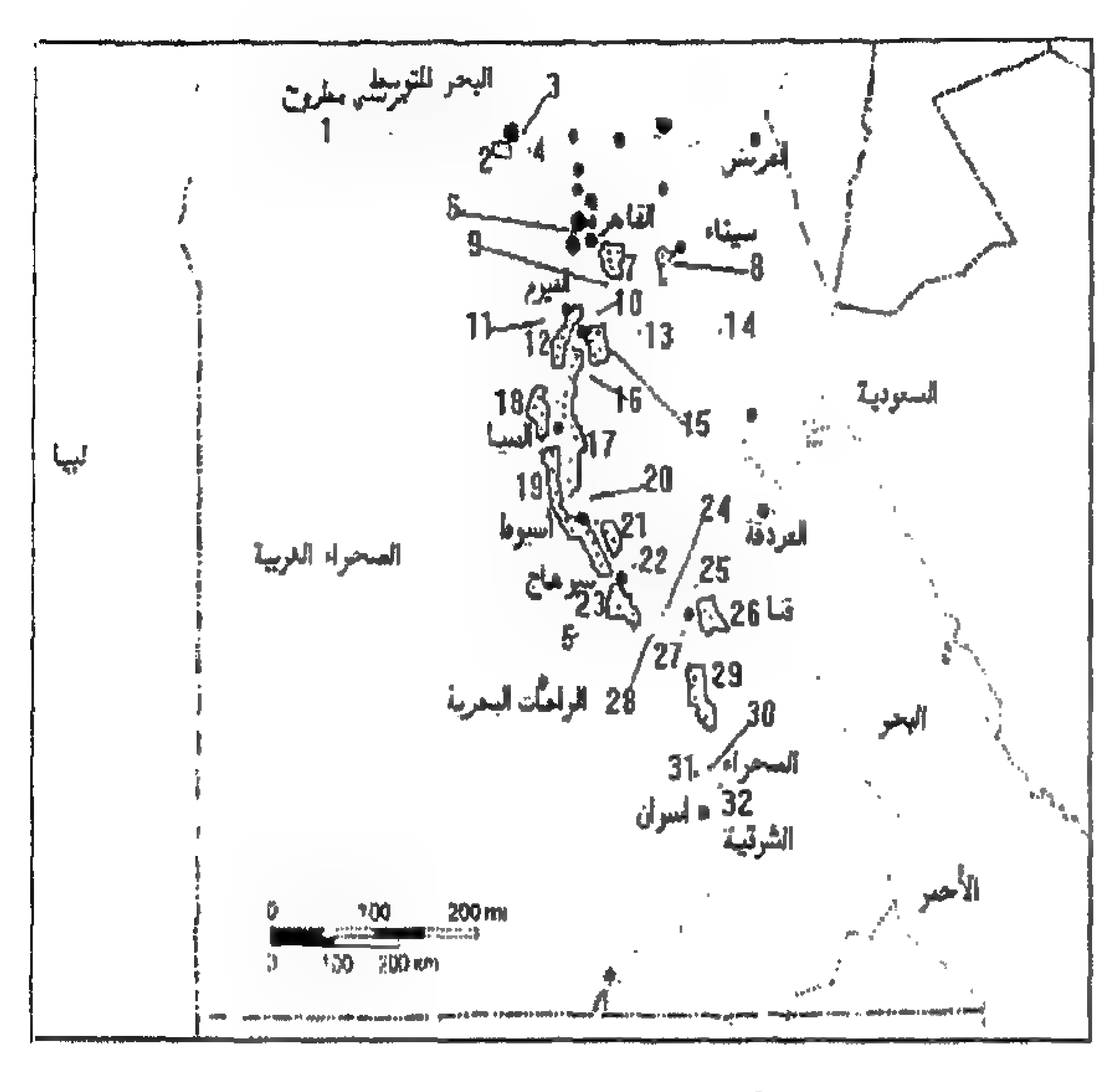
يوجد في مصر عدد كبير من المحاجر، بعضها قديم منذ فجر التاريخ والبعض الآخر حديث نسبيًا، ويمثل شكل (7-1) أهم المحاجر المُنتجة في مصر.

1 - **الأحجار الجيرية:** تقع مناطق استغلال الأحجار الجيرية في تلال الهضبتين الشرقية والغربية على طوال مجرى النيل من أقصى إسنا جنوبًا إلى القاهرة شمالاً، وهذه الصخور تابعة للدور الايوسيني، كما توجد في التلال الواقعة غرب الإسكندرية ومرسى مطروح بمحاذاة الساحل الشمالي الغربي، وفي التلال الواقعة بين السويس والإسماعيلية وهي من صخور الدور الرباعي، وفى مناطق أخرى متفرقة على ساحل خليج السويس والبحر الأحمر، وتتواجد تلك الأحجار على هيئة طبقات أفقية متفاوتة السمك والمواصفات (شكل 7-2) وتستغل سطحيًا بطرق ميكانيكية أو يدوية. تستخدم الأحجار الجيرية أساسًا في الأعمال الإنشائية ورصف الطرق وتكسية الترع والمصارف، أما الأنواع الهشة ومتوسطة الصلابة فتستخدم في صناعة الحديد والصلب والأسمنت والسماد وتكرير السكر وصناعة الورق والزجاج وتبييض الأرز واستخلاص ثاني أكسيد الكربون ... إلخ.




شكل 7-1 : خريطة تبين أهم المحاجر المنتجة في مصر

ومن أجود أنواع الحجر الجيري النقي شديد البياض توجد مساحات كبيرة منه في منطقة بني خالد شمال المنيا والذي يغذي الفرن العالي للحديد والصلب بحلوان، كما يستخرج منه وتقطع بلوكات تستغل في أعمال البناء.



شكل 7-2: أماكن تواجد الحجر الجيري في مصر

(ملحوظة: ترتيب المدن داخل المناطق من الشمال إلى الجنوب)

(1) مرسى مطروح

(2) أ- أبو صير ب- مريوط (3) العامرية (4) علم المرقب (5) طريق أسيوط/ الخارجة (6) أبو رواش (7) أ- المقطم ب- بئر الفحم ج- الرفاعي د- حلوان هـ- التبين (8) أ- أم زيطة ب- السادات ج- أخيضر د- السخنة (9) الصف (10) جبل طربول (11) المساخيط (12) أ- أبو صير الملق ب- دانديال ج- جبل النولون د- دشاش هـ- غرب النشن و- العدوه (13) وادي عربة (14) أبو زنيمة (15) أ- جبل حمرة شيبون ب- بني سويف ج- جبل غراب د- جبل المشاش (16) سنور (17) أ- وادي غياضة ب- شرق الفشن ج- جبل كرارة د- نزلة عامر هـ- بني خالد و- جبل الطير ي- زاوية سلطان ل- بني حسن م- العمارنة ن- بني قرة (18) أ- البهنسا ب- أبوروح ج- شوشة أدمو/ المنيا (19) أ- تونة الجبل ب- العوجة ج- خشبة د- بني عدل هـ- بني غالب و- درنكة ي- الذرابي ل- أغانة م- سيدي صالح (20) وادي الأسيوطي (21) أ- الخوالد ب- حمامية (22) العيساوية (23) أ- وانية ب- سلامة ج- العراب (24) الطريف (25) أبو حاد (26) أ- السراي ب- الجير (27) جبل قرنة (28) أبو النور (29) أ- حجازة ب- المطاعنة ج- حميداتد- الشراونة هـ- الكلح (30) رغامة البيض (31) كوم أمبو (32) وادي اللاوي.

2 - **الدولوميت:** يتواجد على هيئة طبقات متفاوتة السمك ويحتوى على 19 - 21 ٪ أكسيد مغنسيوم، ويستخرج من طبقات الطباشيري الأعلى الموجودة في جبل عتاقة جنوب السويس، يستخدم في صناعة الطوب الحراري المستخدم في تبطين الفرن العالي للحديد والصلب كما يستخدم في صناعة الزجاج والأعمال الإنشائية وتكسية شواطئ البحار، وقد بلغ مجمل الإنتاج عام 2000 حوالي أربعة ملايين طن.

3 - **الجبس:** يستخرج من رأس ملعب في سيناء ومن البلاّح على الضفة الغربية لقناة السويس ومن مناطق غرب الإسكندرية ومرسى مطروح وشمال الدلتا وبني سويف وشرق القاهرة.

ويتواجد الجبس على هيئة طبقات أفقية ظاهرة على سطح الأرض بسمك يبلغ ثلاثة أمتار كما يترسب في قيعان البحيرات المالحة كالمنزلة. ويستخرج يدويًا أو آليًا، حيث يتم إعداده للاستهلاك المحلى أو للتصدير، ويتكون الجبس من 80 - 85 ٪ كبريتات الكالسيوم، ويحرق الجبس ويطحن للحصول على جبس البناء والجبس الطبي والزراعي.

4 - **البازلت:** يستخرج البازلت من مناطق أبو زعبل وطريق القاهرة - الواحات البحرية وطريق القاهرة- السويس، وأبو زعبل، والبهنسا غرب بني مزار، وتوجد صخور البازلت على هيئة طفح بركاني بسمك من 6 - 8 متر أو على هيئة جيوب بسمك 2 - 4 متر.

وعادة يستخدم في استخراج البازلت المعدات الميكانيكية والمفرقعات ثم يتم تكسير البازلت المستخرج إلى خرسان وسن يستخدم في رصف الطرق، وخاصة لأرصفة الموانى وجوانب قضبان السكك الحديدية نظرًا لقوة تحمله العالية للضغط، كما يستخدم حديثًا في صناعة الزجاج الصوفي.

5 - **أحجار الزينة:** تعد أحجار الزينة من الموارد المعدنية والواعدة والتي سوف

يكون لها شأن كبير وذلك لسببين، الأول: وفرتها وسعة انتشارها في الأراضي المصرية بحيث تشمل معظم سلاسل جبال البحر الأحمر والجزء الجنوبي من شبه جزيرة سيناء وأجزاء متفرقة من الصحراء الغربية والثاني: التنوع الكبير في أنواع الصخور المختلفة سواء أكانت من الصخور النارية أو المتحولة أو الرسوبية.

تحتوى الصحاري المصرية على العديد من أحجار الزينة، مثل الرخام والألبستر والسربنتين والبريشيا والجرانيت وحجر السماق الامبراطورى ويستغل حالياً الرخام والألبستر والسربنتين والجرانيت. وفيما يلي أهم الأنواع:

أ- **الرخـام**: يطلق اسم رخام تجاوزًا على بعض الصخور الجيرية الصلبة والتي تشبه الرخام الحقيقي، أي الحجر الجيري والدولوميت المتحول.

ومن النوع الأول توجد الأصناف الآتية:

* رخام كريم وأصفر (بولاتو) من غرب المنيا وطريق أسيوط الواحات.

* رخام وردي (بوتشينو) ويستخرج من جبل تليمات بمنطقة الزعفرانة على ساحل البحر الأحمر.

* رخام رمادي (ترسنا) من غرب مدينة المنيا.

* رخام رمادي وأسود من طريق مصر السويس.

* ومن الصخور الجيرية المتحولة يوجد النوعان التاليان:

* رخام أبيض وأسود من جنوبي الصحراء الشرقية (وادي المياه).

* رخام أبيض، ومجزّع له ألوان متعددة ويوجد في وادي العلاقي جنوب أسوان.

ب- **الألبستر**: ويعرف في مصر باسم الألبستر المصري، وهو عبارة عن كربونات كلسيوم متبلورة تملأ الشقوق في الحجر الجيري الايوسيني، وتنتشر

محاجره في وادي سنور جنوب شرق بني سويف، كما كان يستخرج قديمًا من الوادي الأسيوطي وطريق الكُريمات.

جـ- **السربنتين**: ويعرف باسم الرخام الأخضر ويستغل من وادي عطا الله بمنطقة الفواخير وسط الصحراء الشرقية وبعض مناطق الجنوب.

د- **الجرانيت**: ينتشر الجرانيت الأحمر والوردي في المناطق المحيطة بأسوان، وتستخرج هذه الأحجار بطرق يدوية وميكانيكية ثم تنشر بواسطة مناشير خاصة وباستخدام الرمال والمياه، وتسحب الكتل المستخرجة بعيدًا عن واجهات الاستخراج بواسطة أوناش خاصة حيث يتم تسويتها إلى مكعبات، وبعد ذلك تعد الأحجار بشق البلوكات إلى ألواح بسمك (2 – 5 سم) بواسطة المنشار الآلي ثم تصقل لتستخدم في أعمال الزينة والتكسيات المعمارية والتماثيل...إلخ.

ويتمتع جرانيت أسوان بسمعة عالمية لأن قدماء المصريين نحتوا منه المسلات والتماثيل العملاقة وأقاموا المعابد، وفي الآونة الأخيرة اُستخدم جرانيت أسوان في تكسية مكتبة الإسكندرية، وفي التاريخ الروماني كانت تستغل محاجر لصخور من أشباه الجرانيت وخاصة من منطقة مونز كلاوديانوس في منتصف الطريق بين قنا وسفاجا، ومن هذه الصخور زينت مدن في العصر الروماني، وللأسف توقف الإنتاج من هذه المنطقة نظرا لارتفاع تكاليف النقل.

6 – **الرمـال**: توجد الرمال على هيئة طبقات رسوبية في الدور الرباعي أو الحجر الرملي النوبي، وتستخرج من أماكن متفرقة بوادي النيل والصحراء الشرقية، والغربية وسيناء والساحل الشمالي، وهى من أنواع مختلفة، فمنها رمال المباني والرصف والزينة والرمال البيضاء عالية النقاوة لصناعة الزجاج، خاصة الموجودة شرق إدفو وتلك الموجودة في سيناء، حيث تحتوى على نحو 95–99 ٪ سيليكا، وهي خالية من أكسيد الحديد والمواد الطفلية، وتستخدم متوسطة الجودة في أعمال المسابك والمرشحات.

7 - **الحجر الرملي**: يتواجد على هيئة طبقات متفاوتة السمك ويتكون من حبيبات رملية متماسكة، ويتميز بألوان متعددة لاحتوائه على أكاسيد الحديد، ويستخرج من مناطق أسوان وساحل البحر الأحمر والوادي الجديد ليستخدم في أعمال البناء وتكسيات جسور النيل وصناعة أحجار الطواحين وسَن الأسلحة وأحيانًا للزينة، وأهم أنواعه الحجر الرملي النوبي والذي يغطي مساحات كبيرة من صحاري مصر الشرقية والغربية.

8 - **الزلـط**: يتواجد على هيئة طبقات رسوبية (1-5 مترا) وهو يختلف في أصل مكوناته، فبعض حبيباته ناري ومتحول والبعض الآخر رسوبي صلب، وأفضل الأنواع هو الزلط السيليسي.

ويستخرج الزلط من أماكن متفرقة حيث كانت تلتقي أو تنتهي مصاب الأنهار ومجارى المياه القديمة بالوديان أو الشواطئ القديمة، مثل (طريق القاهرة- السويس، والقاهرة - الإسكندرية الصحراوي والقاهرة - الفيوم)، كما توجد رواسب زلطية كبيرة في جنوب الصحراء الشرقية جنوب مرسي علم، ويستخدم الزلط في أعمال رصف الطرق والمنشآت الخرسانية.

9 - **الطفلــة**: تتواجد الطفلة على هيئة طبقات تتبع عصورًا جيولوجية مختلفة وتحتوى على نسب مختلفة من سيليكات الألمنيوم (27 - 30 ٪ ألومينا، 4 - 7 ٪ حديد).

تستخرج الطفلة من مناطق متفرقة في وادي النيل بين قنا وأسوان ومن شرق القاهرة والمعادى والجيزة وبني سويف وغرب الإسكندرية وعلي ساحل البحر الأحمر وأسيوط وسيناء، وتستخدم الطفلة في صناعة الأسمنت والحراريات والأنابيب والمواسير والأواني الفخارية والطوب الحراري، وهى هامة أيضا في صناعة البويات والصابون والورق حيث تستخدم كمادة لاصقة وفي عمليات حفر الآبار العميقة.

10 - **أملاح الصوديوم والبوتاسيوم:** تتواجد رواسب كربونات الصوديوم (النطرون) بوادي النطرون بمحافظة البحيرة، أما رواسب كلوريد الصوديوم (الملح الصخري) فتستخلص من مياه البحر عن طريق التبخير بالملاحات الصناعية المنتشرة على البحر الأبيض المتوسط في مرسى مطروح وإدكو والإسكندرية ورشيد وبورسعيد وبحيرة قارون بالفيوم وتعد هذه الرواسب المصدر الرئيسي لكل من الصوديوم والكلور اللذين يدخلان في قائمة طويلة من الصناعات الكيميائية أهمها الصودا الكاوية وحمض الهيدروكلوريك.

## الفصل الثامن

## التعدين والمناجم

### التعدين:

هو استخراج الخامات المعدنية ذات الجدوى الاقتصادية بالطرق التعدينية المختلفة ونقلها إلى وحدات المعالجة واستغلالها. وتشمل هذه المواد مركبات الفلزات، والمواد غير المعدنية مثل الفحم الحجري والرمل والزيت والغاز الطبيعي وكثيرًا من الأشياء الأخرى المفيدة.

ويوفر التعدين الفلزات اللازمة للصناعات الحديثة، مثل الحديد والنحاس وتمدنا المناجم أيضًا بملح الطعام والذهب والفضة والماس لصناعة الحلي والفحم الحجري اللازم للوقود. ويُستخرج اليورانيوم للطاقة النووية، والأحجار للاستخدام في المباني، والفوسفات لتسميد الأراضي الزراعية، والحصى لرصف الطرق.

تُستخرج بعض المعادن بتكلفة أقل من معادن أخرى نظرًا لوجودها على سطح الأرض. وتوجد بعض المعادن بعيدة عن سطح الأرض، وهذه تستخرج فقط بالحفر العميق تحت سطح الأرض. وتوجد عناصر أخرى في المحيطات والبحيرات والأنهار.

### تاريخ عمليات التعدين

كانت عمليات التعدين المبكّرة في مصر القديمة لاستخراج الفيروز من قبل المصريين القدماء في وادي المغارة في شبه جزيرة سيناء. كما استخرج القدماء الذهب من رمال الوديان ومن عروق الكوارتز (المرو) الحامل للذهب على حد سواء. وقد بلغ عمق التشغيل في عروق الكوارتز الحامل للذهب في بعض مناجمه تسعين مترًا أو يزيد.

### خطوات عملية التعدين

1- التنقيب أو البحث لتحديد مكان الخام

2- تحديد امتداد الخام ودرجته

3- تخطيط المنجم لتقييم الجزء القابل للاسترجاع اقتصاديا economically recoverable portion من جملة الراسب المعدني أو الخام.

4- عمل دراسة الجدوى لتقييم المشروع الكلّي واتخاذ قرار سواء لتطوير العمل، أو إنهاء مشروع المنجم، أو تعديله لتصبح العملية ذات جدوى ويدرس المقترح الأخير. وفي حالة اتخاذ القرار بالاستمرار تتواصل الخطوات التالية:

* تنمية وتعمير المنجم للوصول إلى الجسم المعدني

* عمليات استخراج الخام على نطاق واسع

* إنهاء المنجم واستصلاح أرض المنجم لتصبح صالحة للاستعمال المستقبلي.

### مهمة مهندس المناجم

يقوم مهندس المناجم بالتخطيط وإدارة الشئون الهندسية المختلفة لاستخراج المعادن من الأرض، كما يقوم بإعداد المخططات الأولية لنوع وحجم وموقع وبناء المناجم المفتوحة أو تحت سطح الأرض. وقد تتضمن مهمة مهندس المناجم ما يلي:

1- إدارة استكشافات الرواسب المعدنية ومباشرة التقييمات الاقتصادية بالتعاون مع الجيولوجيين.

2- إعداد المخططات للمنجم، بما في ذلك الأنفاق والأعمدة للعمليات تحت سطح الأرض، وطرق النقل والحفر لعمليات القطع، باستعمال برامج التصميم بمساعدة الحاسب الآلي وغيرها.

3- إعداد تخطيط تنمية المنجم وطريقة التعدين.

4- التخطيط والتنسيق فيما يتعلق بالكفاءة، والأمان والشروط البيئية.

5- استشارة الجيولوجيين والمهندسين الآخرين حول التصميم واختيار المعدات والمرافق والأنظمة اللازمة للتعدين، بالإضافة إلى البناء التحتي مثل المعابر،وإمدادات التيار الكهربائي والماء.

6- إجراء العمليات الحسابية، وتقييم تكلفة العملية وتنظيم الإنفاق عندما يبدأ الإنتاج.

7- الإشراف على إنشاء المنجم والتركيبات في المعامل والأجهزة المساعدة.

8- التأكّد من تنفيذ التعليمات، بما في ذلك الاستعمال الصحيح للمتفجرات، والتهوية الصحيحة للسماح لإزالة الغبار والغازات.

9- إدارة الأبحاث التي تستهدف تحسين الكفاءة والأمان في المنجم.

10-إنشاء وسائل خدمات الطوارئ والإسعافات الأولية في المنجم.

**تطور التعدين**

ظل الناس ـ منذ آلاف السنين ـ يحصلون على المعادن من الأرض، وقد قاموا حوالي عام 6000 ق.م، بحفر الحُفَر والأنفاق للحصول على حجر الصَّوَّان ـ والصَّوَّان حجر صلب استخدمه الإنسان في صناعة العُدَدَ والأسلحة ـ وبحلول عام 3500 قبل الميلاد تمكن الناس من تعدين القصدير والنحاس. وخلطوا هذين الفلزين لصناعة البرونز، وهو سبيكة صلبة (خليط من الفلزات). وصنعت من هذه السبيكة عُدَد وأسلحة أفضل من تلك المصنوعة من الصوان. ولعل قدماء الرومان أول من أدرك أن التعدين يمكن أن يجعل الأمة غنية وقوية، فقد تاجَرَ الرومان في الأحجار والمعادن النفيسة وجلبوا الثروة للإمبراطورية الرومانية، كما استولوا على المناجم في كل دولة غزوها.

## بعض مصطلحات التعدين

| | |
|---|---|
| اتجاه العِرْق | (خط المَضْرب) هو الاتجاه الأفقي الرئيسي لراسب معدني. |
| البئر | ممر رأسي من سطح الأرض إلى داخل منجم، ويكون شكله مثل بئر المصعد. |
| التعرية | عملية إزالة الغطاء الترابي الموجود أعلى الخام، بالعوامل الجوية. |
| الخام | كتلة من المعادن توجد بصورة طبيعية يمكن استخراجها وتحقيق المكسب منها. وتحتوي معظم الخامات على المعادن، ولكن قد تكون المادة غير معدنية مثل الكبريت. |
| الدهليز | ممر أفقي قريب من سطح الأرض إلى منجم. |
| السرداب | ممر محمي أفقي داخل شق على طول أو بمحاذاة مسار العِرْق. |
| الشوائب | مواد عديمة القيمة مختلطة بالخام |
| الحائط العلوي | هي الحائط أو منطقة من الصخور فوق عرق خام مائل .وتكون فوق عمال المناجم أثناء استخراجهم للخام. |
| الحائط السفلي | الحائط أو منطقة من الصخور تحت عرق خام مائل. وتكون أسفل عمال المناجم أثناء استخراجهم للخام. |
| العرق | راسب ذو حدود معروفة تفصله عن الصخور المحيطة به. |
| الغطاء الترابي | هو طبقة التربة أو الصخور التي تغطي الراسب |
| المحجر | حفرة مكشوفة أو سطحية نحصل منها عادة على أحجار البناء. |
| مخرج الخام | فتحة رأسية أو مائلة تحت الأرض يُنقل الخام عبرها |
| المدرج | ممر محفور إلى أعلى من منسوب منخفض باتجاه منسوب أعلى في منجم تحت الأرض |
| الممر المستعرض | ممر محمي أفقي أو أفقي تقريبًا يتقاطع مع جسم الخام |
| منحدر | ممر مائل تحت الأرض. ويصل بين المناسيب ومناطق الإنتاج ويسمح بمرور المركبات الآلية |
| منسوب التشغيل البيني | شبكة الأعمال الأفقية في منجم تحت الأرض |
| منسوب التشغيل الرئيسي | مجموعة السراديب والممرات المستعرضة المحفورة على نفس العمق من منجم تحت الأرض، وعادة ما يحفر العمال عددًا من المناسيب. |
| المهبط | ممر شُقَّ من منسوب علوي إلى الاتجاه السفلي في منجم تحت الأرض. |
| الميل | الزاوية التي يميل بها راسب الخام على المستوى الأفقي |

| النفق | ممر أفقي تحت الأرض يتصل بسطح الأرض بكلتا جهتيه. |
|---|---|
| نقطة السحب | هي الموقع الذي يمكن منه تحميل الخام ونقله |
| نقطة الظهور | هي السطح الظاهر من راسب. |

## طرق استخراج الخامات المعدنية من باطن الأرض

هناك طرق عديدة للتعدين، وتعتمد كل طريقة على مواقع الرواسب المعدنية وكيفية تكوينها في القشرة الأرضية. فتقع بعض الرواسب المعدنية على سطح الأرض أو بالقرب من السطح، وبعضها الآخر يوجد بعيدًا من السطح في باطن الأرض. وتوجد بعض المعادن على شكل كتلة مدْمجة ومركزة في مواقع مُحدَّدة من القشرة الأرضية، وبعضها الآخر منتشر على نطاق واسع فيها. وتختلف المعادن أيضًا في صلابتها وفي سهولة فصل الخام من الصخور المحيطة به. وتظهر المعادن في صور مختلفة، فبعض المواد المعدنية سوائل، أو يمكن تحويلها إلى سوائل، ويتم الحصول عليها بطرق الضخ المختلفة.

تُزَوَّد معظم المناجم حديثًا بمعدات آلية متقدمة. وتقوم حفارة الثقوب الهيدروليكية بعمل الثقوب في الخام. وتعمل الآلات الضخمة على استخراج وتحميل الخام، وتنقله القطارات والشاحنات والسيور النقالة. وتنقل المصاعد عالية السرعة المعروفة باسم القواديس الخام إلى السطح.

وهندسة المناجم، أي استخراج الخام من القشرة الأرضية تنقسم إلى قسمين رئيسيين هما التعدين السطحي والتعدين تحت السطحي.

١ - **التعدين السطحي**: ويتميز بسهولة استخراج الخامات وانخفاض التكاليف، ويستخدم لاستخراج الخامات الموجودة بالقرب من سطح الأرض. وينقسم إلى ثلاثة أنواع :

* الحفر المكشوفة

* المحاجر

* التعدين بالجرف

2 - **التعدين تحت السطحي**: يستخدم لاستخراج الخامات المتواجدة في الأعماق، وهو مناسب للخامات المعدنية ذات التركيز المعدني المرتفع .وهو مرتفع التكاليف، منخفض الإنتاج ويتطلب وضع محطات للإنارة والتهوية.

***أولا: التعدين السطحي***

يستخدم التعدين السطحي عندما توجد الرواسب عند سطح الأرض، أو بالقرب منه وتشمل طرق التعدين السطحي التعدين بغسل الراسب الغريني، والتكريك، وتعدين الحفر المكشوفة، والتعدين بالتعرية، واقتلاع الحجارة.

1 - **التعدين بغسل الراسب الرملي**. تُستخدم هذه الطريقة للحصول على الذهب والبلاتين والقصدير والمعادن الأخرى التي تعرف باسم **المعادن الثقيلة** وذلك من رواسب الرمل والحصى. والمسماة بالغِرْيَن ـ وتُستخدم هذه الطريقة عندما تتوافر مصادر مياه بالقرب من الموقع. وتعتمد التقنية الأساسية للتعدين في هذه الحالة على حجم ونوع الراسب. ففي حالة التَرَسُّبات محدودة الكمية يمكن استخدام **الفصل بالغسيل** للحصول على الذهب والمعادن الأخرى من الجداول المائية، بينما يَستخدم عمال المناجم في حالة الترسبات الكبيرة والأعمال الواسعة النطاق نوعًا من التعدين يسمى إزاحة التراب والرمل **بالماء المتدفق**. ويتم فيه غسل الراسب الغريني بالماء. ويُرفع بهذه الطريقة الحصى والرمل الموجودان مع المعدن إلى النهاية العليا من حوض خشبي مائل يسمى **الصندوق المخدد**. وذلك باستخدام الماء. ونظرًا لأن المعادن القيمة أثقل من الرمل والحصى، فإنها تُرسَّب في أخاديد في قاع الصندوق، بينما يَجرف الماء الرمل والحصى عديمي القيمة الاقتصادية خارج الصندوق. ويمكن نقل المعادن المحتوية على الرمل والزلط من مكان الراسب مباشرة إلى الصندوق المدَرَّج بتأثير قوة دفع الماء المتدفقة من فوهة كبيرة.

2 – **الجرف المائي**: يُستخدم الجرف المائي في عملية التعدين خاصة عندما تكون طبقات الرمل والحصى المحتويين على المعدن سميكة بشكل خاص. وعند استخدام أسلوب الجرف المائي فلابد من إنشاء بحيرة أو بركة كبيرة بحيث يمكن لآلة ضخمة تشبه الصندل تسمى الكرَّاكة أن تطفو عليها. وتُوصَّل سلسلة لا نهائية من القواديس إلى رافعة عائمة في النهاية الأمامية للكراكة. وتغطس القواديس في الماء عندما توطأ نهاية الرافعة، وتجرف القواديس الرمل والزلط المحتويين على المعدن وتُنقل المادة إلى خزان أعلى من سطح الكراكة. وتُؤخذ المادة من الخزان وتُغسل بنفس طريقة الغسل المتبَّعة كما في طريقة التعدين بغسل الراسب الغريني. وبعد جمع المعادن القيِّمة يوضع الرمل والحصى على سير ناقل حيث يُلقيَان خلف الكراكة. ومع استمرار الحفر للأمام مع نقل النفاية إلى المؤخرة تتحرك البركة والكراكة قُدُمًا.

وفي حالة تعدين بعض أنواع الرواسب المعدنية تُستخدم آلة يُطلق عليها كوابل السحب أو الخطوط المرتخية ولهذه الآلات مغرفة متصلة برافعة عالية. وتُسحب المغرفة إلى الخلف والأمام خلال الراسب المعدني لجمع المادة التي توضع عندئذ في خزان منفصل.

3 – **التعدين المكشوف**: يستخدم للحصول على المعادن الثمينة من كتل الخام الضخمة الكثيفة التي تقع بالقرب من سطح الأرض. ويجب أن يرفع العمال الغطاء الصخري أولاً، وهو طبقة الصخور والمواد الأخرى التي تغطي الراسب؛ ثم يستخدمون بعد ذلك المتفجرات لتكسير الكتل الضخمة من الصخور الصلبة الحاملة للخام. ويستخرج العمال الراسب في سلسلة من الطبقات الأفقية تسمى **المصاطب** (Benches). ومع تقطيع المصاطب يتكون طريق مستمر على جوانب الحفرة يتجه لأعلى. وتَنْقل الشاحنات أو القطارات الخام إلى أعلى المصاطب وخارج الحفرة.

4 – **التعدين السطحي بالتعرية**: وهي طريقة تعدين للحصول على الخامات الرسوبية مثل الفحم الحجري والفوسفات والمعادن الأخرى التي تقع في طبقات مُسطحة بالقرب من سطح الأرض. ويسمى التعدين بالتعرية حول التلال والجبال

**التعدين الكنتوريّ** أو **التعدين الحلقيّ** بينما يسمى التعدين بالتعرية في التضاريس المسطحة **التعدين بالتجريف**. وفي التعدين بالتجريف يقوم عمال المناجم بقطع جَرْفة وإلقاء الغطاء الترابي في مكان يوازي مكان القطع. ويُقطِّعون الخام بالآلات لتحميل الفحم على شاحنات أو على عربات السكة الحديدية. وبعد نقل كل الخام من مكان القطع الأول، يقطع العمال جرفة جديدة مع إلقاء الغطاء الترابي المزال حديثًا في الحفرة السابقة.

ومع أن معظم التعدين بالتجريد والكشط يتبع نفس الخطوات الرئيسية إلا أن طرق التعدين بالتجريد والكشط تختلف فيما بينها طبقا لكون الأرض منبسطة أو على شكل تل، ولهذا يمكن تصنيف التعدين بالتجريد والكشط إلى نوعين:

1 - تعدين مساحي

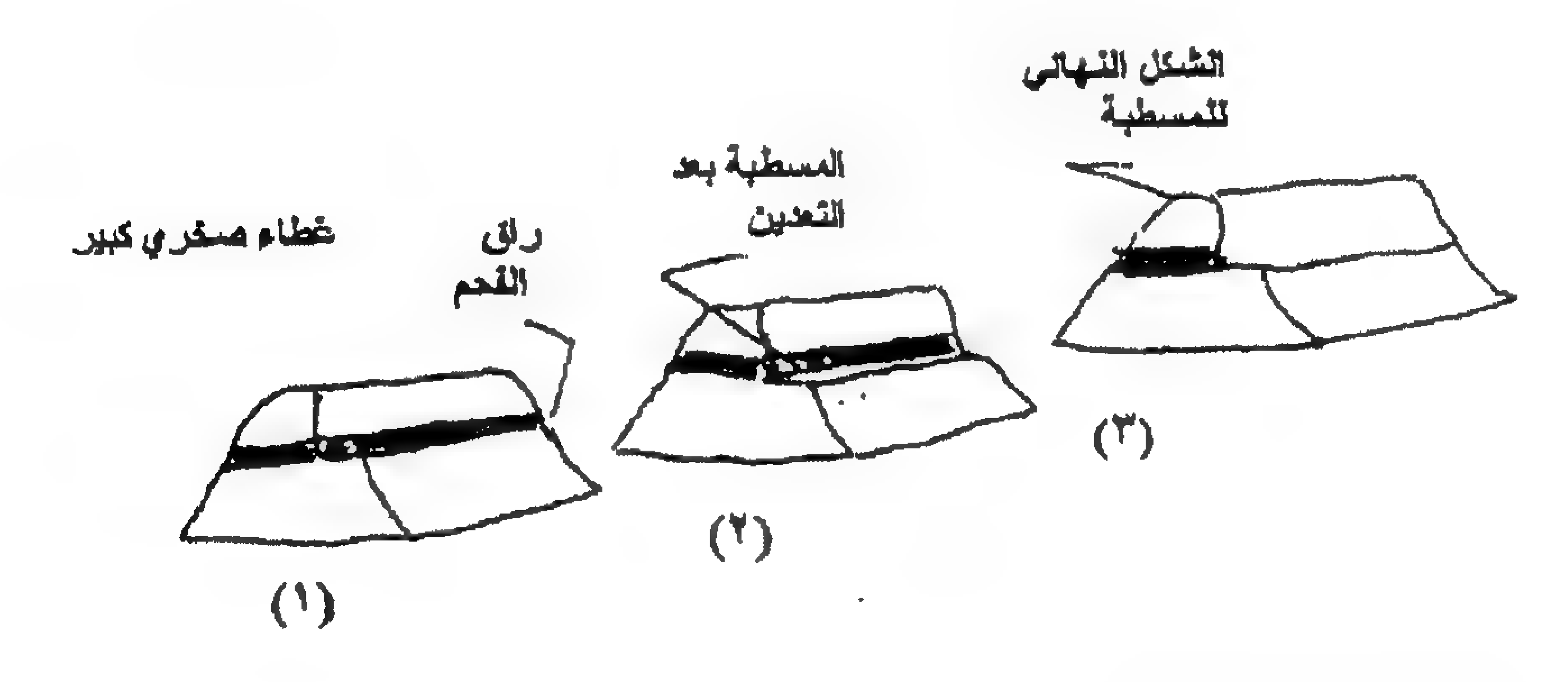
2 - تعدين كنتوري.

ويطبق التعدين المساحي حين تكون الأرض مستوية نسبيًا، ويطبق التعدين الكنتوري في الأراضي الجبلية أو التلّية. ويقصد بالتعدين الكنتوري، التعدين حول المنحدرات الجبلية.

**التعدين المساحي**، تقوم آلة إزالة التربة باقتلاع كل الغطاء الصخري المتكسر على امتداد شريط من الأرض على حافة حقل الخام، ويسمى الخندق العميق الناتج «القطع». وأثناء قيام آلة إزالة الأتربة بعمل القطع فإنها تكوم التلف على امتداد جانب القطع بعيدًا عن منطقة التعدين. ويشكل ركام التلف حافة بارزة تسمى رصيف التلف. وبعد اكتمال القطع يتم اقتلاع الخام منه وتحميله بعيدًا على شاحنات. ثم تقوم آلة إزالة الأتربة بحفر قطع ثان مماثل على امتداد جانب القطع الأول، وتكوم ركام التلف من هذا القطع الجديد في مكان القطع الأول المنتهي. وهكذا تتكرر هذه العملية على امتداد حقل الخام حتى يتم تعدينه كاملاً. وتشكل أرصفة التلف سلاسل من حواف طويلة متوازية فوق مساحة من الأرض يمكن تسويتها فيما بعد.

ويعتبر التعدين المساحي غير عملي إذا كان جسم الخام كامنًا داخل التلال. وفي حالة وجود طبقات الخام بالقرب من قمة التل، يمكن لآلة إزالة الأتربة كشط وإزالة قمة التل، أما في حالة وجود طبقة الخام قرب قاعدة التل، فيجب تعدينه على الكنتور؛ أي حول المنحدرات.

**التعدين بالكنتور:** تقوم آلة إزالة الأتربة بإزالة الغطاء الصخري المحطم والمفتت مباشرة من فوق المنطقة، حيث ينكشف راق الخام حول التل. ويشكل القطع الناتج رفًا أو إفريزًا واسعًا ممتدًا على جانب التل. ويتم تجميع وتخزين التلف بصورة مؤقتة على جانب التل أو استعماله في ملء القطوع لاحقًا. وبعد تعدين الخام ونقله بعيدًا؛ يمكن لآلة إزالة الأتربة أن تصعد المنحدر وتقوم بحفر قطع آخر فوق القطع الأول مباشرة، ومع ذلك يزداد عمق الغطاء الصخري بحدّة مع زيادة ارتفاع المنحدر. وبعد القطع الأول أو الثاني ربما يصبح الغطاء الصخري كبيرًا للغاية؛ ومن ثم لا تستطيع الآليات أن تزيله بكفاية. ولكن إذا كانت طبقة الخام سميكة بشكل كاف، فإن المهندسين قد يحفرون منجمًا تحت سطح الأرض لأخذ ما تبقى منه.



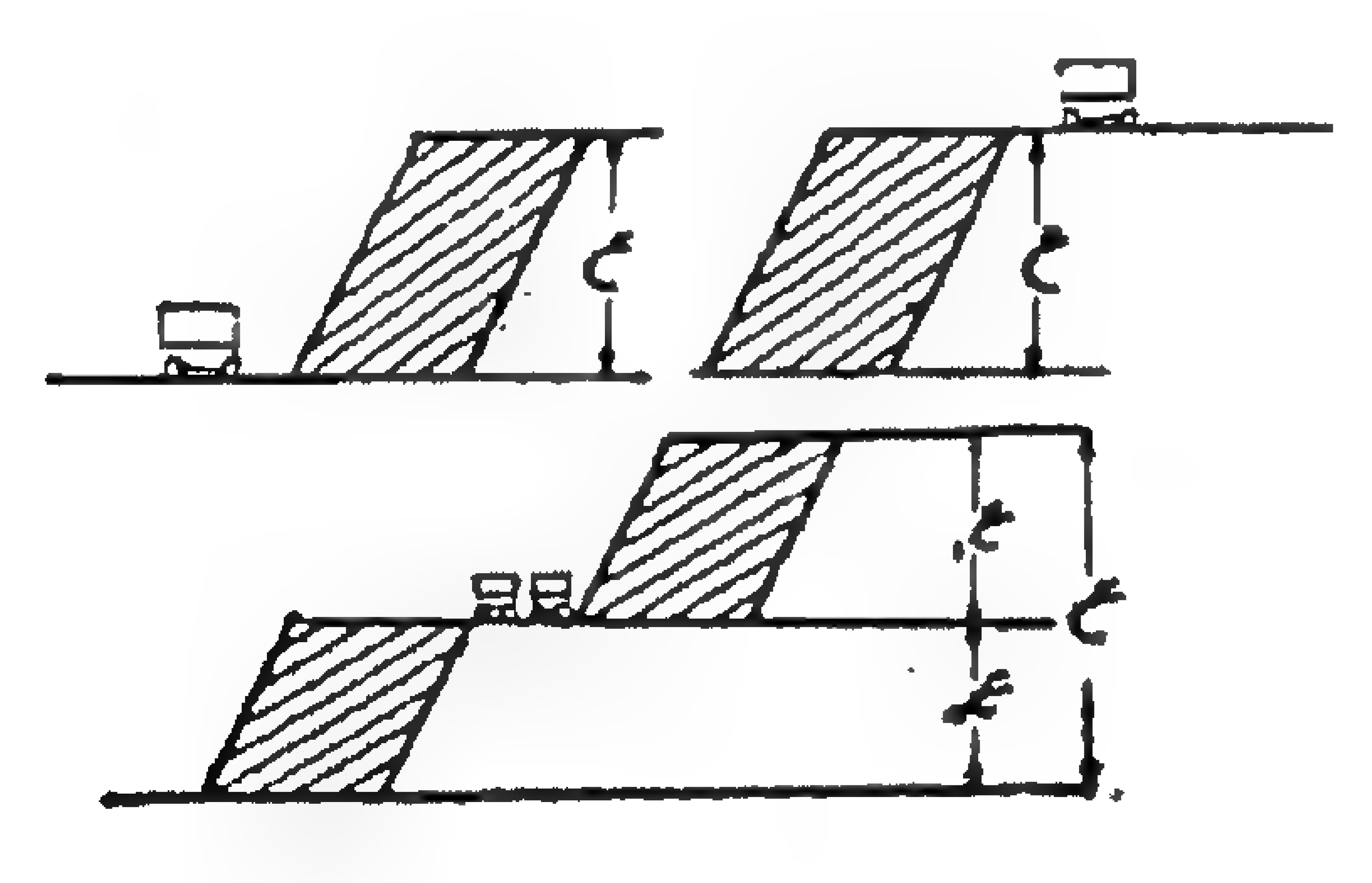

شكل 8–1: التعدين بالكنتور

## المحاجر (قطع الأحجار)

وهي طريقة تعدين لراسب يقع على سطح الأرض ذي غطاء ترابي رقيق أو دون غطاء ويُستخرَج بهذا الأسلوب من المحاجر الصخور والمعادن مثل: الحجر

الجيري والجبس والحجر الرملي، كما تستخرج بهذه الطريقة أيضًا من المحاجر الرمال والحصى اللازم والأحجار الكبيرة المستخدمة في البناء ويستخدم العاملون بالمناجم عدة طرق للتحجير، فتُثقب المعادن الصلبة أو تنسف بالمتفجرات بينما تُجرف الرمال والحصى وتحمل في الشاحنات والقطارات وتُنقَل إلى أماكن الاستخدام. وتُباع أحجار البناء مثل الرخام والجرانيت في صورة كتل طبيعية أو أجزاء من الكتل. ولتخليص هذه الكتل الصخرية من الصخور الملتصقة بها، يقوم العاملون بالمناجم بنشر وتشقيق وقطع هذه الكتل الصخرية الضخمة من الصخور من جوانبها الأربعة وفلقها لتحريرها من الصخرة الأم. ثم يرفعون الكتل الصخرية المقطعة على ظهر الشاحنات أو القطارات.

والمحجر هو منجم مكشوف تستخرج منه مواد البناء وأحجار الزينة، وتستغل الخامات بتقسيمها إلى طبقات أفقية تسبق العمليات المنجمية في كل طبقة. وتعرف المصطبة بانها الطبقة الافقية من الخام ويتم تشغيلها كوحدة مستقلة بكل ما يلزمها من معدات ميكانيكية، أما إذا اشتركت مع بعضها في وسائل النقل المستخدمة على مستوي نقل واحد فيطلق عليها أنصاف مصاطب (شكل 8-2)



شكل 8-2: المصطبة ونصف المصطبة

تتم عملية التثقيب في المحاجر بإحدى الطريقتين التاليتين:

1- طريقة الثقوب المشحونة بالمواد المتفجرة وفيها توزع الثقوب على طول المصطبة في صف مواز لحافة المصطبة.

2- طريقة مغارات التفجير الصغيرة وفيها توضع الشحنة في فتحات صغيرة داخل كتلة الصخر.

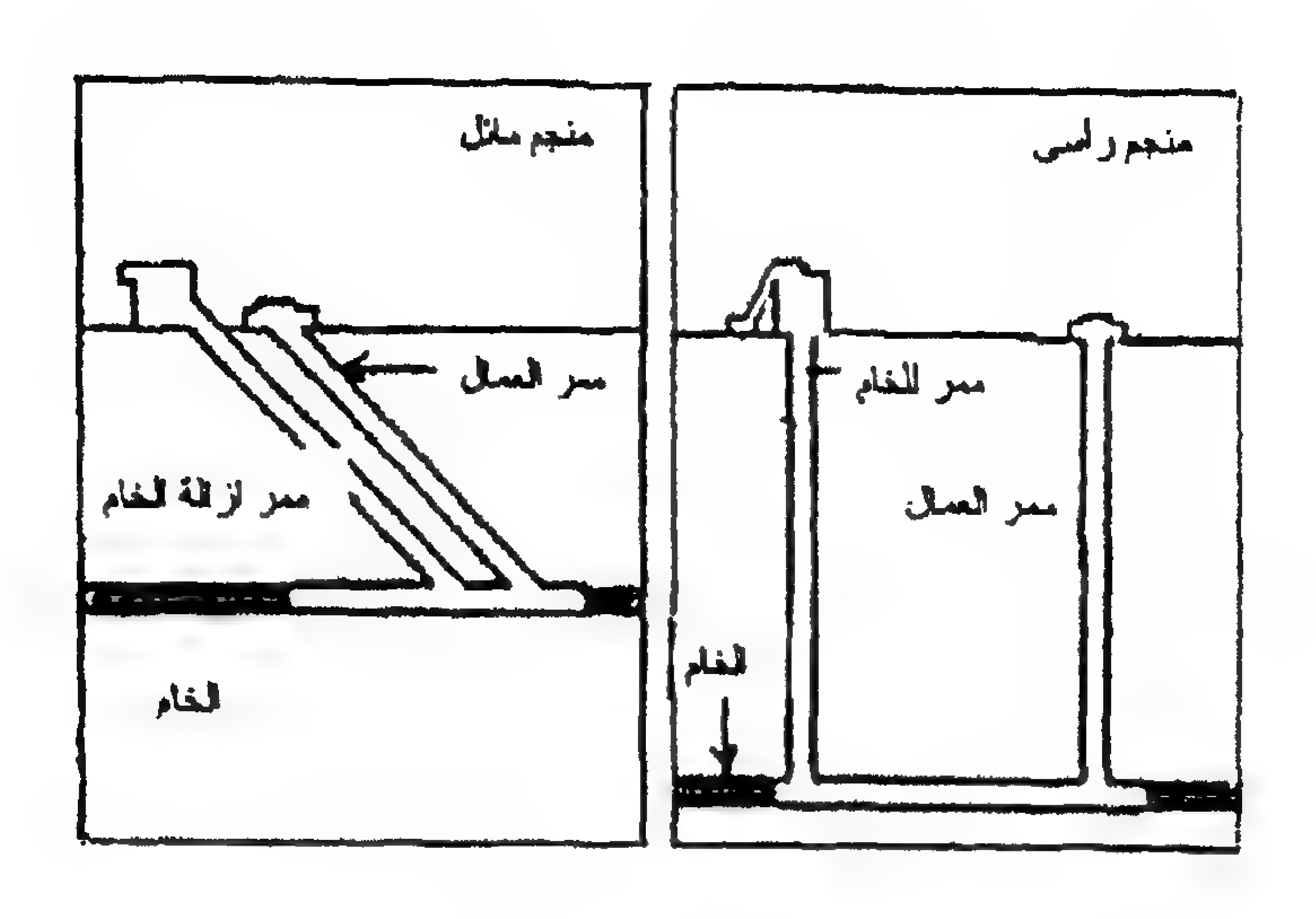
## ثانيا: التعدين تحت سطح الأرض

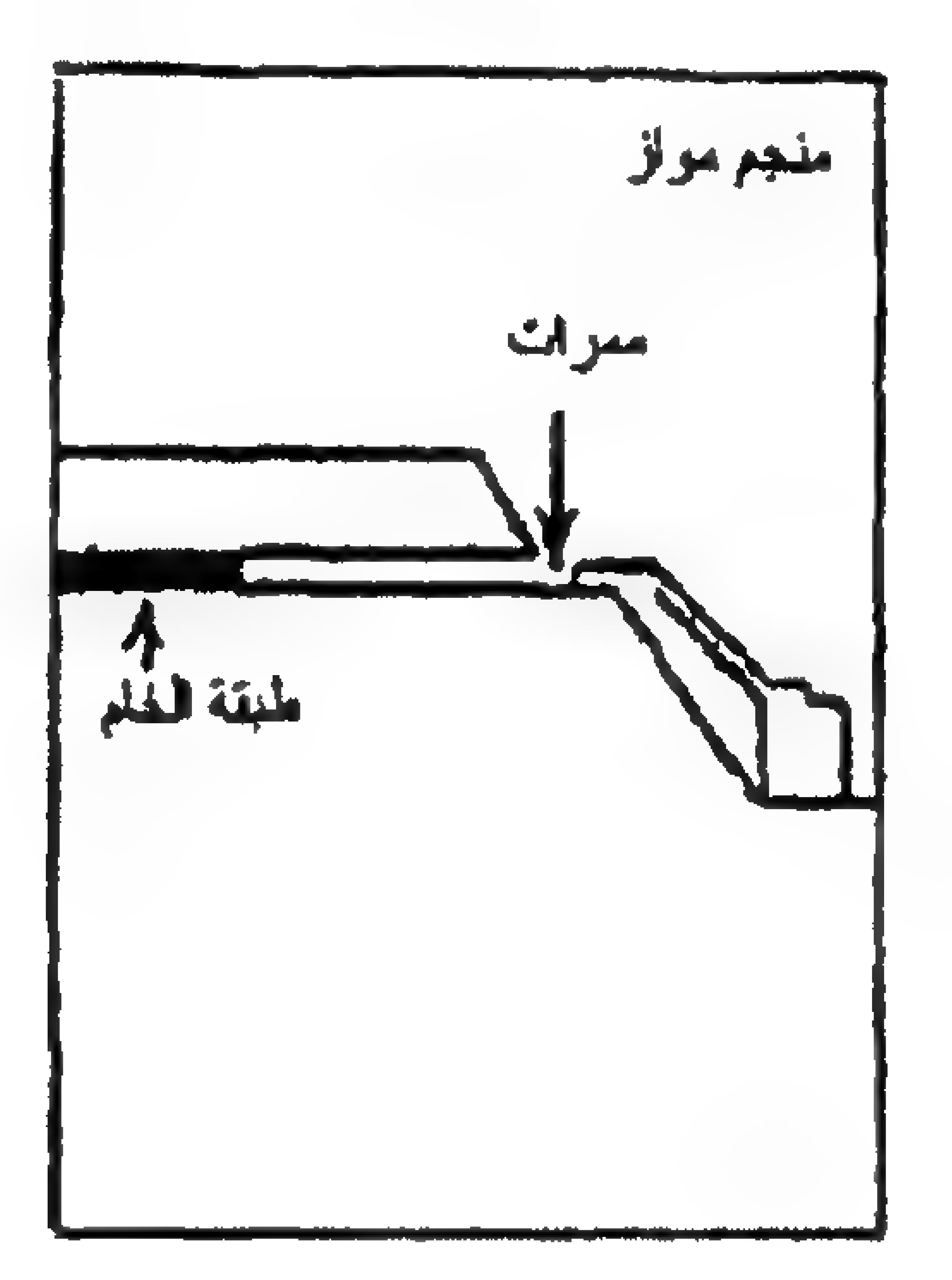
يستخدم التعدين تحت سطح الأرض عندما يقع الراسب المعدني على مسافة عميقة تحت سطح الأرض، ويقوم عمال المناجم في أول الأمر بشق (حفر) فتحة في المنجم، وتسمى الفتحة الرأسية بئرًا، أما الممر الأفقي تقريبًا، والذي يحفر في جانب تل أو مُنحدر فيسمى الدِّهليز، والذي يعرف في حالة استخراج الفحم باسم المنحدر. ويحفر العاملون بالمناجم من هذه الممرات شبكة من الممرات الأفقية تسمى مناسيب التشغيل. وهناك طرق متعددة متاحة لنقل الخام.

### أنواع المناجم التحت أرضية

هناك ثلاثة أنواع من المناجم التحت أرضية (شكل 8-3): مناجم رأسية، مناجم مائلة، ومناجم موازية.

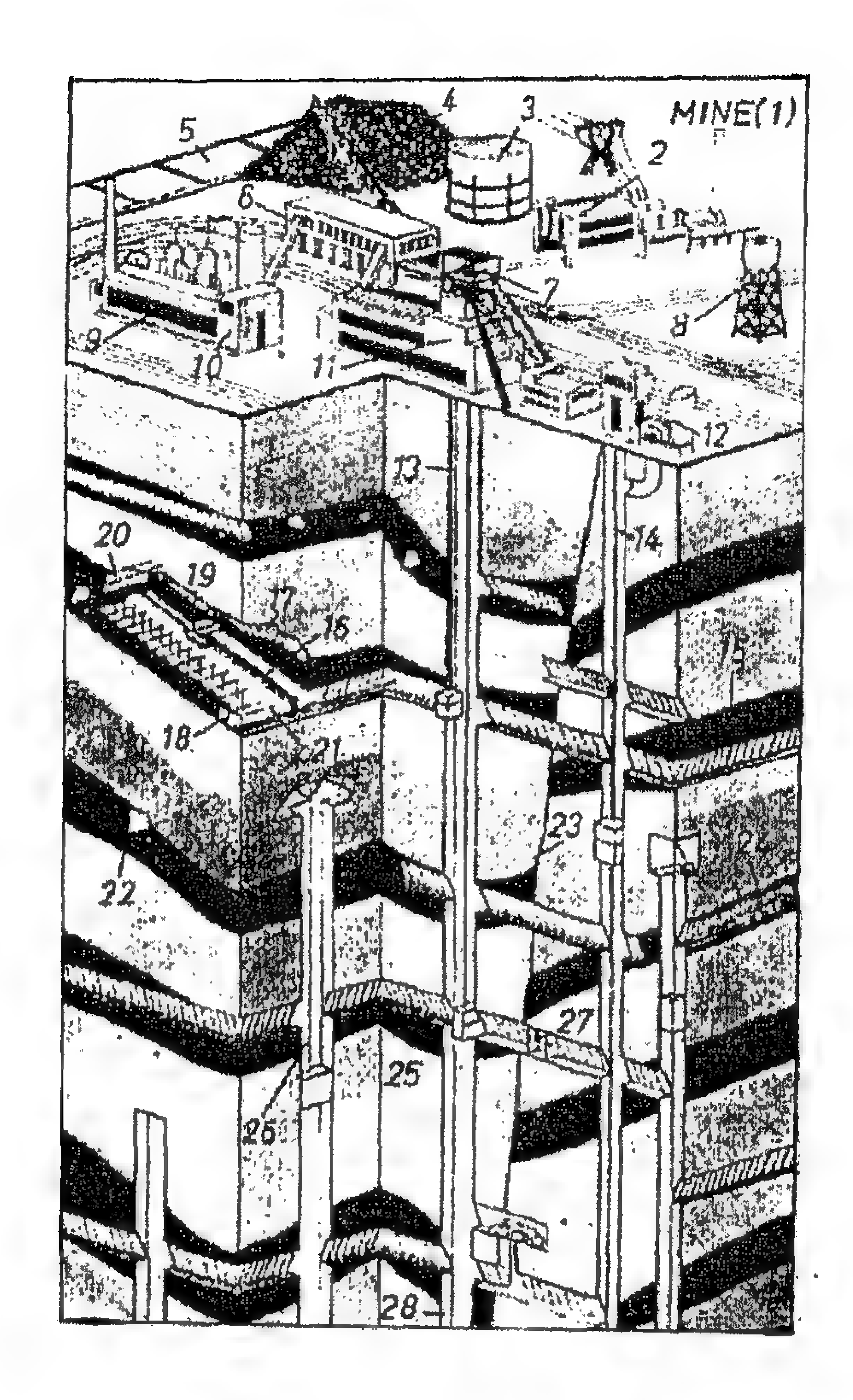
في المنجم الرأسي يكون المدخل إلى المنجم والمخرج منه رأسي أما في المنجم المائل فيشق مدخل ومخرج المنجم على منحدر مائل. وفي المنجم الموازي تحفر الممرات في جانب طبقة الخام المنكشف على المنحدر المائل.




شكل 8-3: أنواع المناجم تحت السطحية

والمنجم البئري هو شبكة من الممرات الأفقية والرأسية يُستخرج منها الخام ثم يُنقل إلى السطح، ويوضح شكل (8-4) قطاعا في منجم بئري لاستخراج الفحم.




شكل 8-4: قطاع رأسي في منجم فحم

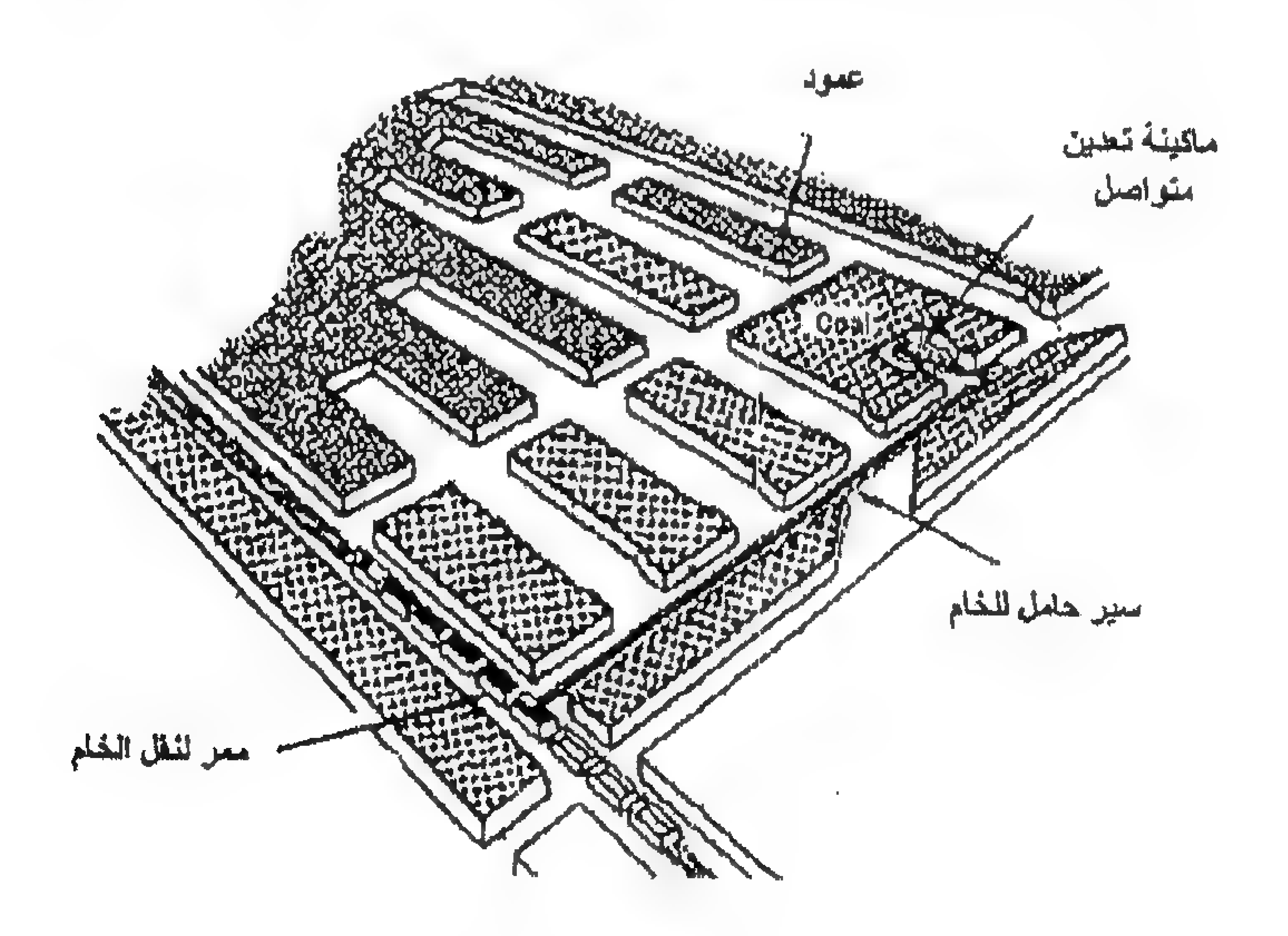
1 = المنجم، 2 = محطة قوي، 3 = مقياس غاز، 4 = ركام، 5 = مرشح ماء، 6 = مغسلة 7 = برج ونش، 8 = خزان مياه، 9 = محطة تكويك، 10 = مخزن فحم، 11 = محطة رفع 12 = مروحة، 13 = بئر النقل الرئيسي، 14 = بئر تهوية، 15 = راق فحم، 16 = سير ناقل -17 واجهة الفحم، 18 = طريق نقل، 19 = ماكينات، 20 = بوابة تهوية، 21 = عربات نقل حديدية، 22 = ممر في الخام، 23 = فالق، 24 = التعدين بالهواء المضغوط، 25 = قفص 26 = حفرة بقفص، 27 = بوابة تهوية، 28 = وعاء القاع

## طرق التعدين تحت سطح الأرض

* التعدين بطريقة الحجرة والعامود
* التعدين بطريقة الحائط الطويل
* التعدين من الممرات البينية
* طريقة التعدين بالحفر والملئ
* طريقة التعدين بتساقط كتل الخام
* طريقة الانكماش أو تخزين الخام.
* طريقة الإسالة والإذابة

### *1- طريقة الحُجرة والعامود: Room and Pillar*

هي طريقة للحصول على كتلة الخام من المواد الحاملة له والتي تكون إما أفقية أو شبه أفقية. ويقوم عمال المناجم بحفر المواد الحاملة بالكامل (شكل 8-5).




شكل 8-5: مسقط أفقي لمنجم الحجرة والعامود

يستعمل كثير من المناجم تحت السطحية نظام الحجرة والعمود في التعدين. ففي البداية يحفر عمال المنجم أنفاقًا في جسم طبقة الخام. هذه الأنفاق تسمى المداخل الرئيسية، وهي متفرعة من طرق أو ممرات الدخول والخروج الرئيسية في المنجم، ثم يقوم العمال بحفر سلسلة من المداخل الصغيرة الفرعية في جسم طبقة الخام. تكون هذه السلسلة متفرعة من المداخل الرئيسية، وكذلك يحفر العمال سلسلة مداخل أخرى تسمى مداخل الحجرة، وهذه بدورها تكون متفرعة من المداخل الصغيرة الفرعية. وتترك أعمدة من الخام في كل المداخل من أجل دعم سقف المنجم. وكلما تعمقت مداخل الحجرة فإنها تشكل ألواحًا بارزة من الخام. ويقوم العمال بحفر حجيرات في هذه الألواح من أجل إنتاج أكثر ما يمكن من طبقة الخام.

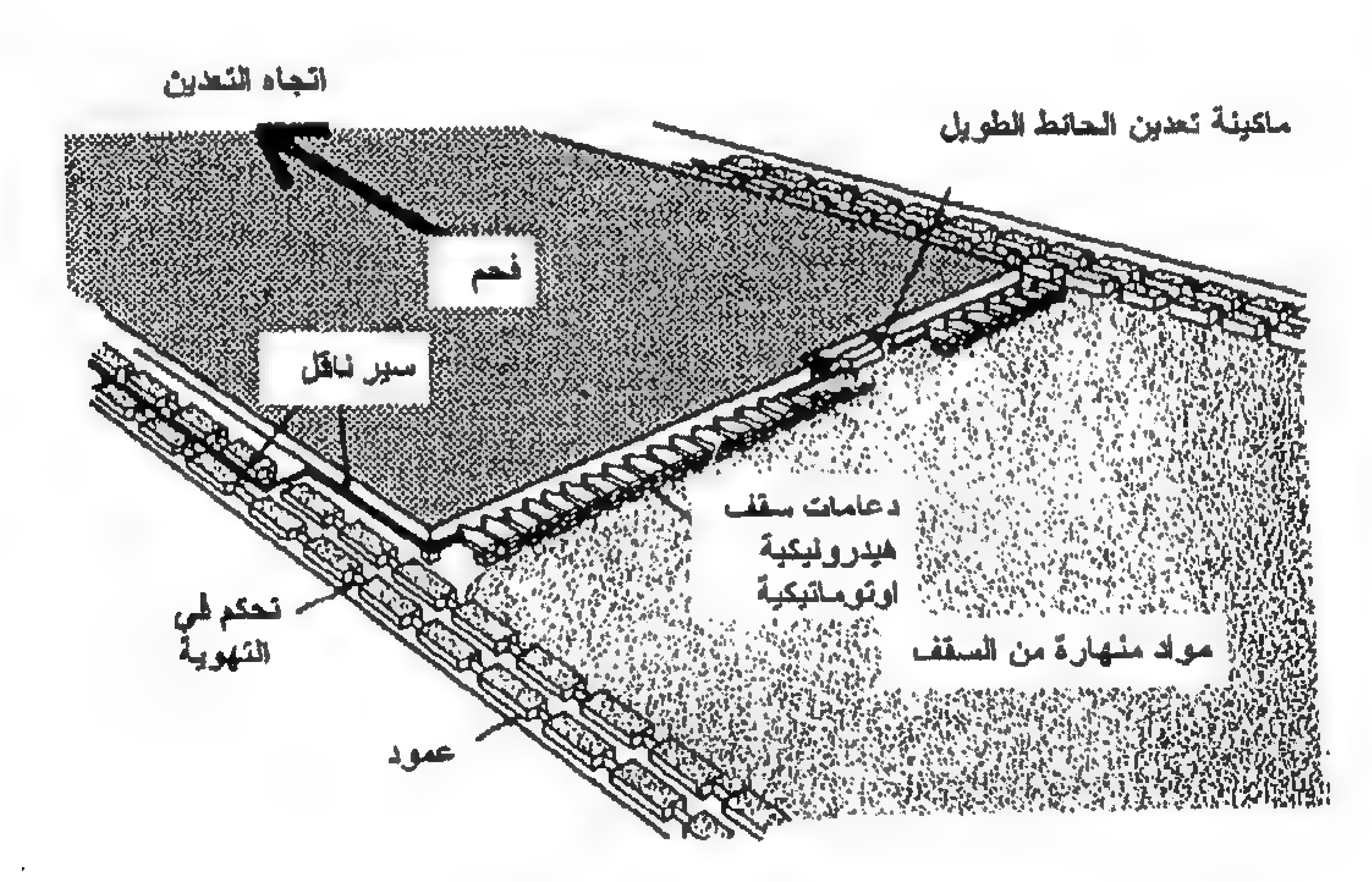
وبعد أن يتم إنشاء المداخل الرئيسية، يقوم عمال المنجم بحفر مجموعات من المداخل الصغيرة الفرعية، تخترق جسم الخام، متعامدة مع المدخل الرئيسي. وتتألف كل مجموعة من هذه المداخل الفرعية من ثلاثة أو أكثر من الأنفاق المتوازية، التي تخدم نفس الغرض كما في المداخل الرئيسية. ويجري عمل قطوع في جدران الخام الفاصلة بين كل مدخلين متجاورين، وبذلك تَتشكّل أعمدة من الخام شبيهة بتلك التي تشكلت بين المداخل الرئيسية. وفي نقاط متعددة وعلى طول كل مجموعة من المداخل الفرعية، يقوم عمال المنجم بحفر مداخل حجرات في جسم الخام. وتكون مداخل هذه الحجرات متعامدة فيما بينها، ثم يبدءون باقتلاع الخام من مداخل هذه الحجرات مُشكِّلين حجرات في جسم الخام.

وكلما وسّع عمال المنجم حجرة ما، فإنهم يتركون أعمدة من كُتل الخام لدعم الغطاء الصخري. ويتم تعدين الحجرة إلى مدى معين في جسم الخام. وعند الوصول إلى نهاية المدى، ربما يزيل عمال المنجم الأعمدة ومن ثم ينهار سقف الحجرة. ويجب عليهم إزالة هذه الأعمدة تراجعيًا أي من مؤخرة الحجرة باتجاه المقدمة. وهكذا يبقى مخرج عمال المنجم من الحجرة مفتوحًا بعد انهيار سقفها. وفي بعض الأحيان تُزال الأعمدة من المداخل الرئيسية بنفس طريقة إزالتها من الحجرة، أي تراجعيًا وذلك حماية للعاملين.

تتضمن كل طرق التعدين بالحجرة والعمود الإبقاء على وجود أعمدة من كُتل الخام في أماكنها. وتتباين مناجم الحجرة والعمود فيما بينها حسب طريقة التعدين فيها.

### 2- التعدين بطريقة الحائط الطويل: Longwall

يتضمن هذا النظام من التعدين تحت سطح الأرض شق أنفاق أو مداخل رئيسية شبيهة بتلك الموجودة في منجم الحجرة والعمود. ويتم تعدين طبقة الخام، وفق هذا النظام من واجهة واحدة طويلة من الخام، تسمى الحائط الطويل، وليس من عدد من الواجهات القصيرة أو من حجرات عديدة، وتبلغ واجهة الحائط الطويل هذا حوالي 90- 210 م طولاً، يحرك عمال المنجم آلة قطع ذهابًا وإيابًا عبر واجهة الحائط، وتقوم هذه الآلة بتحديد وتقطيع الخام الذي يسقط بدوره على حزام متحرك (شكل 8-6).




شكل 8-6: طريقة التعدين بالحائط الطويل

ويتم دعم السقف فوق مكان العمل مباشرة باستخدام دعامات فولاذية وكلما تقدم العمل في تعدين طبقة الخام انتقلت هذه الدعائم الفولاذية إلى الأمام وتركت السقف خلف عمال التعدين لينهار.

وبعد أن يتم استهلاك واجهة طبقة الخام في حدود 1200-1800م في جسم الخام تُعد واجهة جديدة للبدء في تعدينها، ويجري تكرار هذه العملية مرات ومرات حتى يتم استخراج أكبر كمية من الخام.

وهناك شكل آخر من نظام الحائط الطويل يسمى تعدين الحائط القصير. ويبلغ طول واجهة الحائط القصير حوالي 45-60م . ويجري تعدين واجهة الحائط باستخدام معدات التعدين المستمر، أكثر مما يحدث في طريقة الحائط الطويل. تستخدم هذه الطريقة في أستراليا حيث لا يسمح بناؤها الجيولوجي بتجزئتها إلى واجهات طويلة.

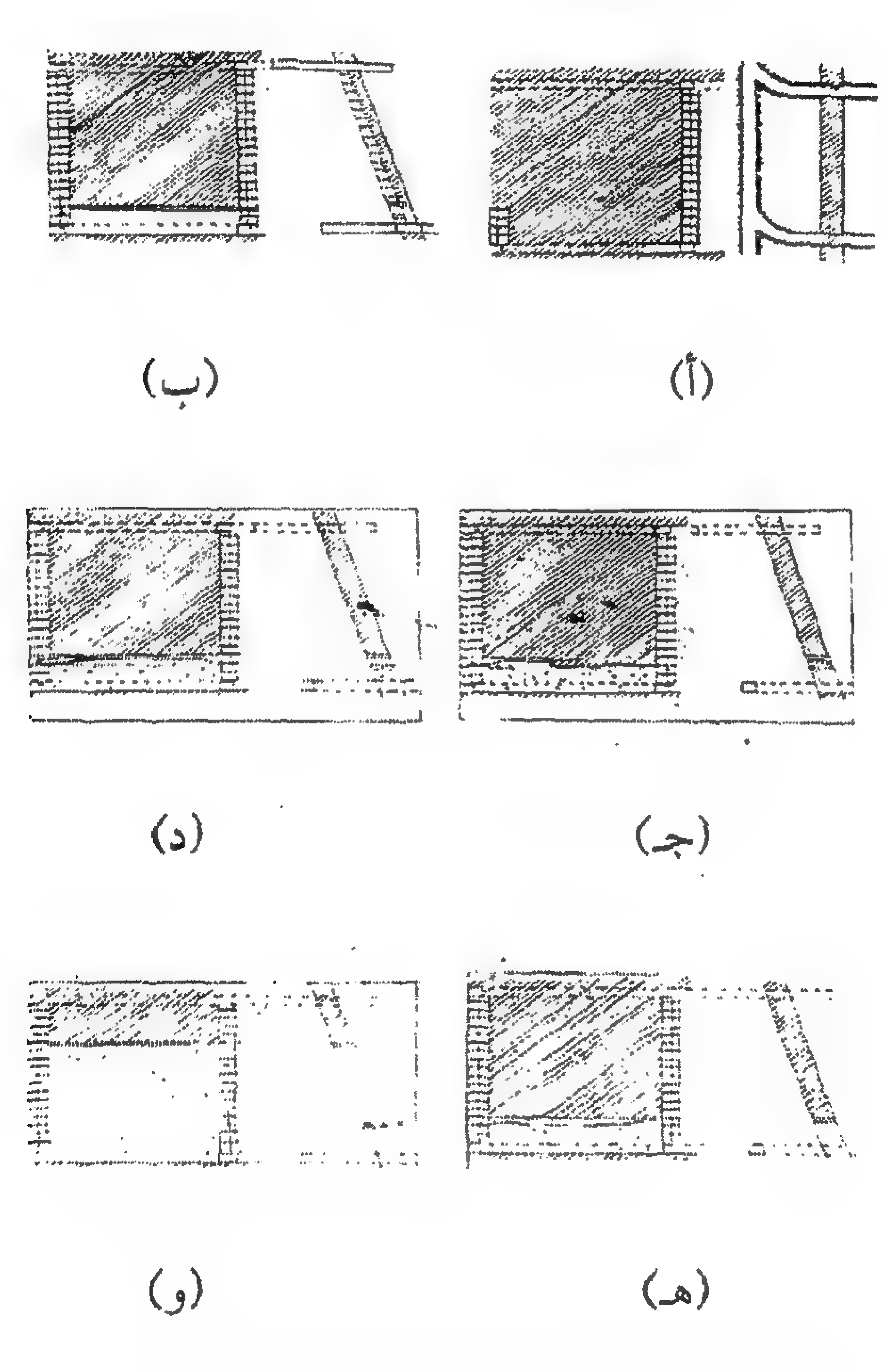
### 3- التعدين من الممرات البينية

تُستخدم هذه الطريقة في استخراج كتل الخام ذات زاوية الميل الكبيرة. وزاوية الميل هي الزاوية التي يصنعها جسم الخام مع المستوى الأفقي. وينشئ عمال المناجم في هذه الطريقة ممرات بينية بين مناسيب التشغيل الرئيسية، ويحفرون ثقوبًا في الخام ويملئونها بالمتفجرات ثم يُنسف الخام بين المناسيب الرئيسية والممرات البينية. وبإزالة الخام تتكون أماكن خالية تُسمى الحُفَيْرات. ويُسقط الخام إلى قاع الحفيرات الفارغة حيث يجمع فيها تمهيدًا لنقله إلى المنجم. وقد يُقطع إلى شرائح رأسية كبيرة .

### 4- طريقة التعدين بالقطع والملء: Cut and Fill

وهي الطريقة المتبعة لاستخراج الخام الموجود في صورة عروق رأسية بقطعه على هيئة شرائح أفقية، ابتداء من قاع الحفيرة مع التقدم إلى أعلى. وبعد أن يحفر عمال المناجم شريحة كاملة من الخام، يملئون الحفيرة بالنفايات. وتُدعِّم مواد الملء طبقات الصخور المحيطة بالخام وهي بذلك تُوفر أرضية أو رصيفًا للعمال يمكّنهم من استخراج الشريحة التالية من الخام، ويبين الشكل (8-7) كيفية التجهيز والاستخراج بهذه الطريقة، حيث يحفر نفق طولي يوازي غرق الخام في الصخور أسفل العرق ثم تحفر ممرات قاطعة (أنفاق مستعرضة) للوصول إلى الخام (أ، ب)، ومنها تحفر آبار إلى

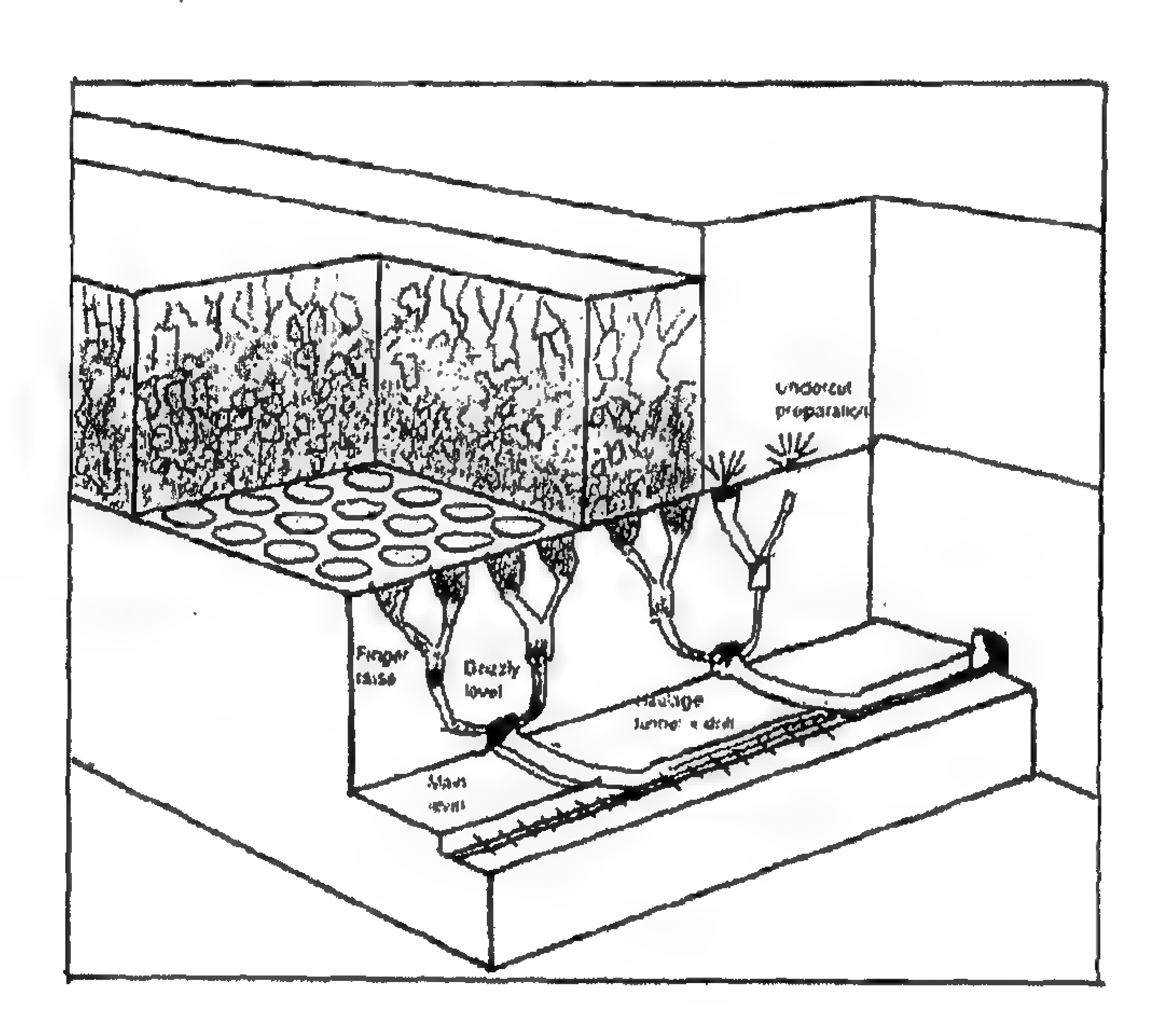
أعلي خلال الخام نفسه لتصل من أحد المستويات إلى المستوي الذي يعلوه) كما يحفر نفق طولي خلال الخام يصل بين النفقين المستعرضين في المستوي السفلي الذي سينقل خلاله الخام يتم التفجير ثم تملأ الأماكن الخالية من الخام بالصخور مباشرة ويتم الاستخراج بتجهيز سلسلة من الشرائح على هيئة درج السلم ثم تثقب (جـ) ويتم ملئ أماكن الخام الذي تم نسفه، وعادة يستخرج الخام بالاتجاه من أسفل إلى أعلي (شكل 8-7 هـ، و).




شكل 8-7: طريقة الاستخراج بالقطع والملئ

### 5- طريقة التعدين بتساقط كتل الخام: Block Caving

وهي الطريقة المتبعة لاستخراج الخامات المنتشرة خلال الصخور. كما في حالة خامات النحاس والحديد. وينشئ عمال المناجم في هذه الطريقة ممرات أفقية، تُقسّم الخامات إلى أقسام أو كتل كبيرة، ثم يقتطعون في كل كتلة شريحة أفقية. ويؤدي ضغط الصخور والخامات الواقعة فوق الشريحة إلى تكسر وسقوط الخام (شكل 8-8).



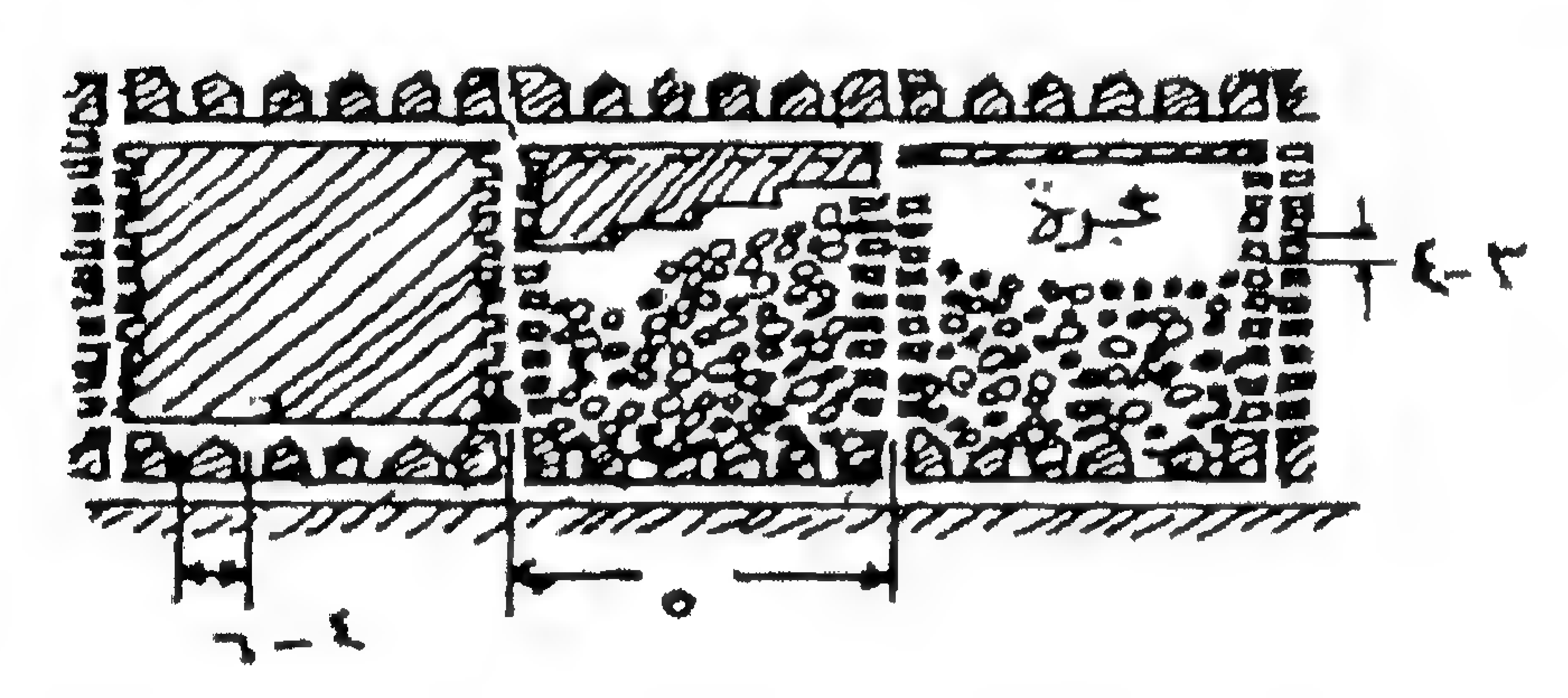

شكل 8-8: طريقة التعدين بتساقط كتل الخام

### 6- طريقة الانكماش أو تخزين الخام: Shrinkage Method

يعرف تخزين الخام بأنه الإبقاء على جزء من الخام المفجر في الفراغ المستخرج منه تدعيما للصخور الجانبية، وتستخدم هذه الطريقة لاستخراج الخامات المعدنية الصلبة المحاطة بصخور أقل صلابة.

وتتلخص هذه الطريقة في أن الدور الذي يبلغ ارتفاعه من 40 إلى 50 مترا يقسم إلى بلوكات من حجرات تخزين وأعمدة، ينشأ ممران للنقل والتهوية تصل

بينهما ممرات صاعدة تمتد على محاور الأعمدة المتروكة بين الغرف ومنها تفتح مغارات قصيرة تصل إلى حدود الغرفة ومن ممر النقل السفلي تفتح ممرات علوية كل منها 6-8 متر ينزل منها الخام بثقله. وبعد تجهيز الخام في الحجرة كلها من أسفل (الحجرة اليسري في الشكل 8-9) تبدأ عملية الاستخراج ثم تعمل ثقوب وبعد التفجير يملأ الخام المفجر فراغ الغرفة تقريبا، وتتكرر العملية حتي يتم تفجير الخام كله من أسفل إلى أعلى على أن تترك أعمدة للتهوية ويفرغ الخام المفجر من الحجرة ويحمل في عربات خلال البوابات.

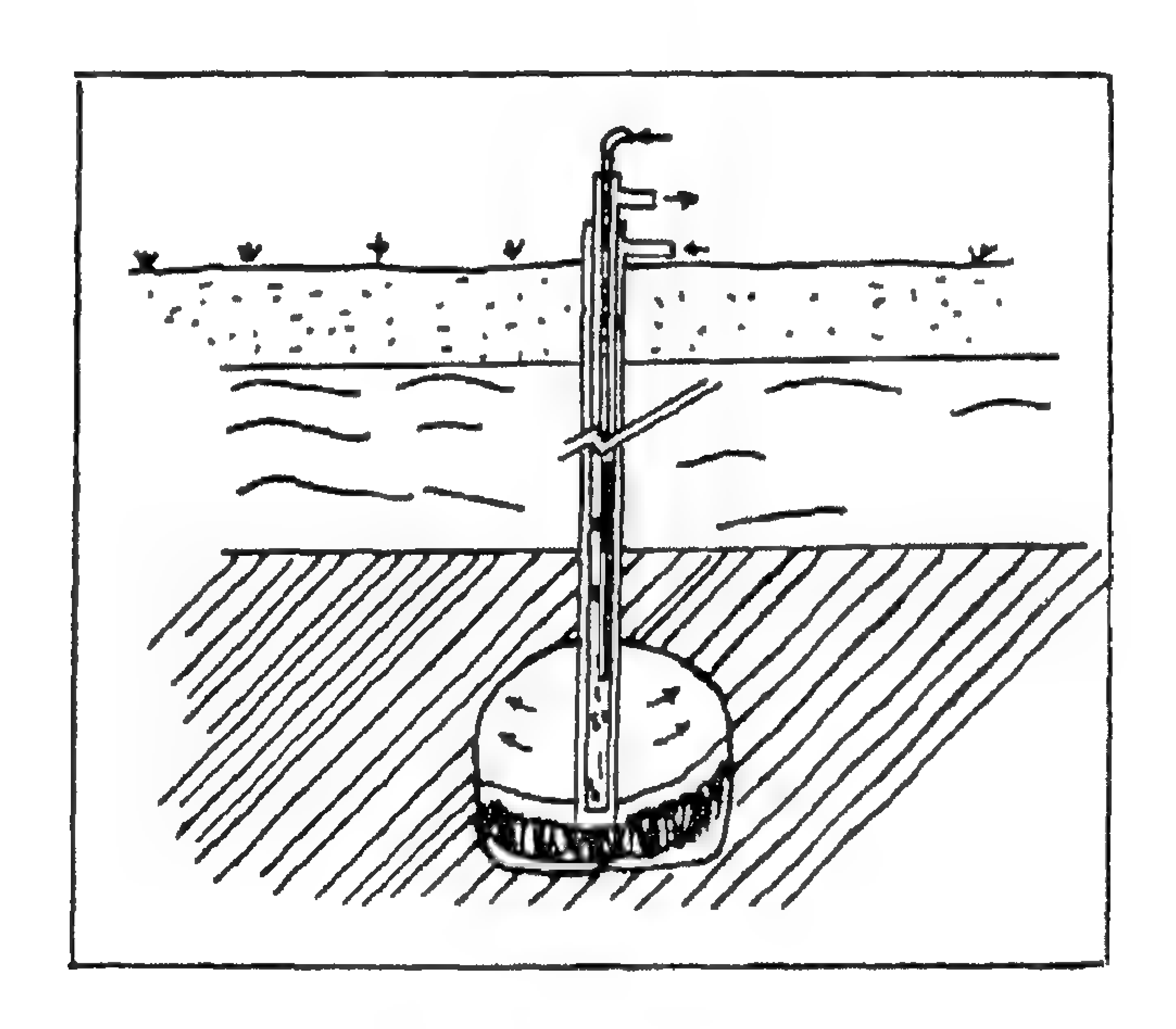



شكل 8-9: طريقة تخزين الخام أو الانكماش

### 7 - طرق الإسالة والإذابة: Solution Method

يُستخدم التعدين بأسلوب الاسالة والاذابة لاستخراج المعادن في صورة سائل، من مياه المحيطات وبعض البحيرات، بما فيها بحيرة سولت ليك الكبرى في ولاية يوتا، بالولايات المتحدة الأمريكية؛ نظرًا لاحتوائها على كميات من العناصر المعدنية، ويتم استرجاع المعادن عادة بضخ الماء إلى مصانع حيث تتم معالجته. وتدفع المضخات كميات كبيرة من ماء البحر خلال مُرسِّبات (فاصلات) وبذلك يمكن فصل المعادن. ومن أهم الفلزات التي تُستخرج بهذه الطريقة المغنسيوم الذي نحصل على نسبة كبيرة منه بهذه الطريقة.

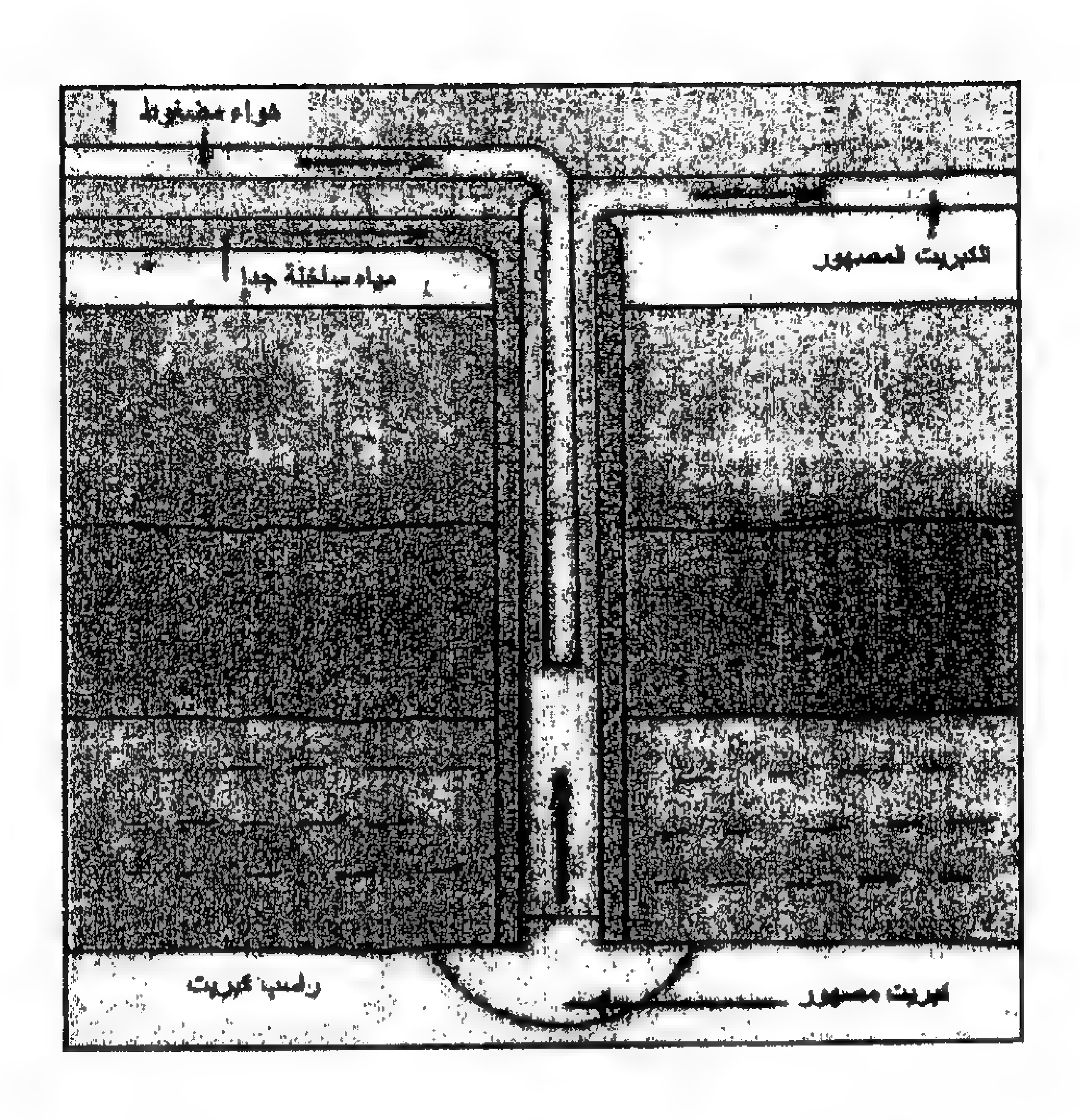
يُستخدم الضخ في بعض الأحيان للحصول على الملح من مواقع تحت سطح الأرض. فيحفر العمال الثقوب ويدفعون الماء تحت الأرض لإذابة الملح وتكوين ما يسمى الأُجاج (الماء الملحي)، ويُضخ المحلول الملحي إلى السطح وينقل إلى المصنع. وفي المصنع يبخر الماء ويترسب الملح مُكونًا مادة صلبة مرة أخرى. وتُستخدم طريقة مماثلة لهذه الطريقة، تسمى الاستخلاص بالإذابة، لبعض الخامات المحتوية على النحاس. ويوضح شكل (8-10) طريقة إذابة أحد خامات الأملاح بواسطة الماء وتسمي طريقة الحقن السفلي، وإذا عكس الوضع تسمي هذه الطريقة بطريقة الحقن العلوي.



شكل 8-10: طريقة استخراج الأملاح بالإذابة

**طريقة فراش،** Frasch Method (شكل 8-11) وهي إحدى طرق الضخ، التي تستخدم عادة في استخراج الكبريت، الذي ينصهر بسهولة، فيحفر عمال المناجم الثقوب في طبقة كبريت مدفونة ويدفعون ماءً شديد السخونة فيها، فينصهر الكبريت مكونًا سائلاً، ويدفع عمال المناجم الكبريت السائل إلى سطح الأرض بضخ هواء

مضغوط في الثقوب. ويتصلب الكبريت مرة أخرى، بعد أن يبرد، وبهذا يمكن تخزينه.




شكل 8-11: طريقة فراش لاستخراج الكبريت

وتعتمد طرق التعدين عادة على نظامين أساسيين وهما:

1 - الطريقة الآلية التقليدية.

2 - طريقة التعدين المتواصل (المستمر).

**الطريقة الآلية التقليدية**

كانت هذه الطريقة تمارس بشكل واسع خلال الثلاثينات والأربعينات من القرن العشرين أكثر منها الآن، وقد حلّت هذه الطريقة خلال الثلاثينات محل الطرق الأولى البدائية التي كانت تقتلع الخام يدويًا. كما حلّت طريقة التعدين المتواصل منذ

عام 1950م محل هذه الطريقة التقليدية بشكل متزايد. وتشتمل الطريقة التقليدية على خمس خطوات رئيسية على النحو التالي:

1- تقطع آلة – تتكون من مجموعة أقراص مسننة كأسنان المنشار – شقًا طويلاً عميقًا على طول قاعدة واجهة جسم الخام.

2- تقوم آلة أخرى بحفر عدد من الثقوب في هذه الواجهة.

3- يُحشى كل ثقب بالمتفجرات. ولدى تفجير المتفجرات يتحطم الخام ويتبعثر، ويؤدي القطع أو الشق على امتداد قاع واجهة الخام إلى سقوطه متبعثرًا على أرضية المنجم.

4- تقوم آلة بتحميل الخام على عربات مكوكية الحركة أو على حزام متحرك.

5- يقوم عمال المنجم بتثبيت سقف الحجرة الذي انكشف بواسطة التفجير بالمسامير الطويلة المزودة بصواميل.

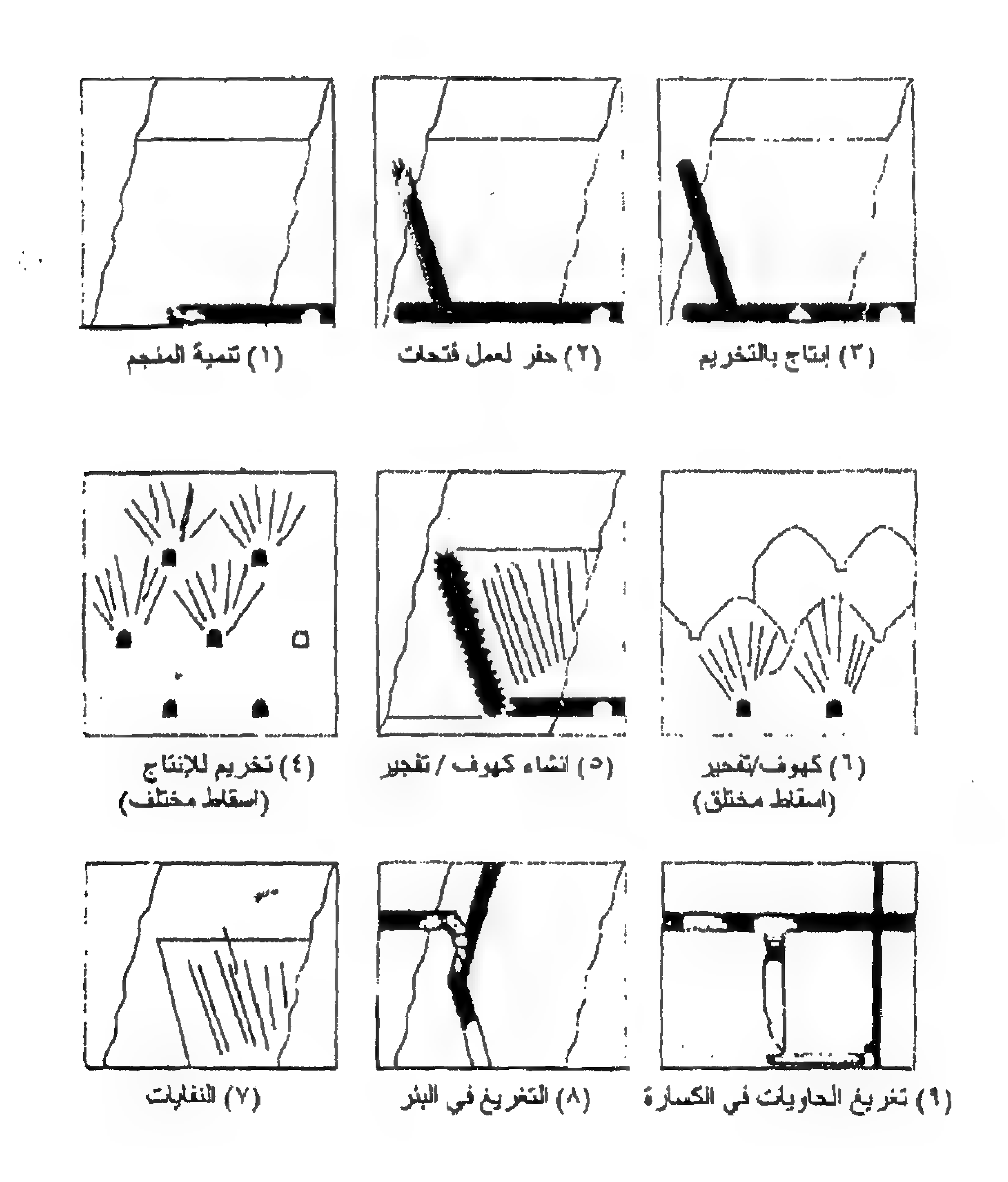
ينفذ كل خطوة من هذه الخطوات فريق متخصص منفصل عن الفرق الأخرى، وكلما أنهى فريق عمله في واجهة معينة يأتي فريق آخر ليقوم بالدور المطلوب منه، وهكذا يمكن للعمال أن يعملوا في خمس واجهات من طبقة الخام في آن واحد. وتكون هناك فترات توقف متكررة عن العمل والإنتاج، وهي الفترات الزمنية اللازمة لانتقال فريق العمل من واجهة إلى أخرى.

**التعدين المتواصل (المستمر)**

وهي الطريقة الشائعة الآن من طرق التعدين تحت سطح الأرض في مناجم الفحم الحجري في بعض الدول. تستخدم هذه الطريقة آلات خاصة تسمى المُعِدّنات المتواصلة. يُحفر المُعَدِّن المتواصل الفحم الحجري من واجهة راق الفحم الحجري، ويمكن لعامل واحد يدير المُعَدِّن المتواصل أن يقتلع نحو 8ر1 طن متري من الفحم الحجري في الساعة الواحدة، كما تقوم هذه الآلة وفي نفس الوقت بتحميله على عربات

مكوكية أو على أحزمة متحركة آليًا، وهذه بدورها تنقله إلى سكة حديدية أو حزام متحرك آخر في المداخل الرئيسية.

ويستطيع المُعَدِّن المتواصل عادة أن يقلع ويحمل الفحم بسرعة تفوق سرعة نقله خارج المنجم. كما تستطيع هذه الآلة أن تعمل بسرعة تفوق سرعة الأعمال الأخرى؛ مثل تثبيت سقوف الحجر بالمسامير المصوملة، وعمليات التهوية، وتصريف المياه. ونتيجة لهذا يتوجب أن يتوقف المُعَدِّن المتواصل عن العمل بين الحين والآخر تاركًا المجال للأنظمة الأخرى لتعمل (شكل 8-12).




شكل 8-12: التعدين المتواصل

# المراجع


* **الطحلاوى، محمد رجائي وآخرون** (2006): «مقدمة في الجيولوجيا العامة والهندسية»، الطبعة الثانية معدلة. 257 ص، مطابع جامعة أسيوط.

* **الهمدانى، أبو محمد الحسن بن أحمد** (1985): «كتاب الجوهرتين العتيقتين المائعتين من الصفراء والبيضاء». (280 - 360هـ/ 893 - 971م)، صنعاء، الجمهورية اليمنية.

* **حسن، ممدوح عبد الغفور** (1979): «الرواسب المعدنية». مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة، 326 ص.

* **دردير، أحمد عاطف** (2001): «موارد الثروة المعدنية وإمكانات التنمية في مصر»: سلسلة بحوث جغرافية، العدد الخامس، الجمعية الجغرافية المصرية، القاهرة، 110 ص.

* **زغلول، زكي محمد** (1983): «الجيولوجيا الاقتصادية وثروة مصر المعدنية». جامعة المنصورة.

* **سليمان، مصطفى محمود** (2001): «الجيولوجيا الاقتصادية والثروة المعدنية في الوطن العربي». مطبوعات جامعة الزقازيق.

* **السنباوي، حامد عبد الحميد وآخرون** (1981): مبادئ هنسة التعدين والبترول. دار المعارف، الطبعة الثانية، 260 صفحة، القاهرة.

* **شمس الدين، حافظ** (2002): «مترجم» «البسيط في الجيولوجيا». سلسلة «نحن والعلم»، أكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا، القاهرة، مصر 677 ص.

* **عافية، محمد سميح** (1994): «مدخل تاريخ التعدين في الوطن العربي». طبعة خاصة، القاهرة.

❋ المؤشرات الاقتصادية لقطاع التعدين بالوطن العربي لعام 2007م، مجلة التعدين والاستثمار، العدد الثالث، يناير 2009م، القاهرة.

❋ **Amstutz, G. C. (1971):** Glossary of Mining Geology. Elsevier Publishing Co., Amsterdam, 196p.

❋ **Barnes, J. W. (1988):** Ores and Minerals. Open Univ. Press, Milton. Keynes. U

❋ **Bateman, A. M. (1962)**: Economic Mineral Deposits. 2nd ed., Asia Publishing House, 916p.

❋ **Centamin Egypt Limited (2002):** Sukari Gold Mine Feasibility Study Up-Date, September 200. Unpublished Executive Summary Report.

❋ **Clifford, T. N. (1970):** Location of mineral deposits. In "Understanding the Earth", Open University Set book, England pp. 315-325.

❋ **El Ramly, M. F. *et al.* (1970):** The Occurrence of Gold in the Eastern Desert of Egypt. In: O. Moharram *et al.* (eds.), Studies on some mineral deposits of Egypt. Geol. Survey, pp. 53-64.

❋ **El Tahlawi, M. R. (2006)**: Mining Geology. Assiut Univ. Press, Egypt, 247 p.

❋ **Evans, A.M. (1980)**: An introduction to the ore Geology. Blackwell Sc. Publ., London.

❋ **Evans, A. M. (1993):** Ore Geology and Industrial Minerals. An Introduction. 3rd ed., Blackwell Scientific Publication.

❋ **Fettweis, G. B. (1979):** World Coal Resources. Elsvier Scientific Publishing Co., New York, 928p.

❋ **Hussein, A. A. (1990):** Mineral Deposits. In R. Said (editor) The Geology of Egypt, A. A. Balkema, Rotterdam, Brookfield, pp. 511-566.

❋ http://www.syriamix.com/vb/showthread.php?t=4272

يتناول هذا الكتاب موضوعات شتى عن جيولوجيا الخامات ، مع التركيز على الثروات المعدنية في العالم العربي ، وفصلا مستقلا عن مصر.

ويشتمل الكتاب على ثمانية فصول :

الفصل الأول : أسس جيولوجيا الخامات .

الفصل الثاني : طرق تكوين الخامات .

الفصل الثالث : أشكال ومورفولوجية الرواسب المعدنية .

الفصل الرابع : الرواسب المعدنية وتكتونية الألواح .

الفصل الخامس : الرواسب المعدنية في العالم والوطن العربي .

الفصل السادس : التوزيع الجيولوجي والجغرافي للرواسب المعدنية في مصر.

الفصل السابع : النشاط التعديني في مصر .

الفصل الثامن : التعدين والمناجم .




# التعدين والمناجم

## والأسس الجيولوجية لاستخراج

# الثروات المعدنية